

Klima-Risikoanalyse für die Schweiz

Grundlage für die Anpassung an den Klimawandel



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU

Klima-Risikoanalyse für die Schweiz

Grundlage für die Anpassung an den Klimawandel

Impressum

Herausgeber

Bundesamt für Umwelt (BAFU)

Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

Projektleitung

Gianna Battaglia, Roland Hohmann (BAFU)

Autorenschaft

Myriam Steinemann, Cyril Willimann, Jürg Füssler (INFRAS)

Mitarbeit

Thomas Egli, Claudia Kurzböck (Egli Engineering)

Lektorat, Korrektorat

Fredy Joss, Beatenberg

Visuelle Konzeption und Grafik

Cindy Aebischer (BAFU)

Layout

Funke Lettershop AG

Titelbild

Das Titelbild zeigt den Untersee bei tiefem Pegelstand, aufgenommen am 13. August 2022 in Triboltingen (TG).

Der Pegel liegt bei 394,80 Meter über Meer und ist damit Anfang August so tief wie noch nie seit Beginn der Aufzeichnungen 1886.

Foto: Gian Ehrenzeller / Keystone

Bezug der gedruckten Fassung und PDF-Download

BBL, Verkauf Bundespublikationen, CH-3003 Bern

www.bundespublikationen.admin.ch

Art.-Nr.: 810.400.158D

www.bafu.admin.ch/uw-2502-d

Klimaneutral und VOC-arm gedruckt auf Recyclingpapier

Diese Publikation ist auch in französischer und italienischer Sprache verfügbar. Eine Kurzversion ist auf Englisch verfügbar.

Die Originalsprache ist Deutsch.

Dank

Wir danken allen in Anhang 3 aufgeführten Expertinnen und Experten für ihre fachlichen Beiträge und die wertvollen Diskussionen. Wir danken auch allen anderen Personen, die in der einen oder anderen Form zum Gelingen dieses Berichts beigetragen haben.

© BAFU 2025

Inhaltsverzeichnis

Abstracts	5	3	Risiken durch den Klimawandel im Ausland	59	
		3.1	Risiken im Überblick	59	
Vorwort	7	3.2	Auswirkungen auf die Nahrungsmittelversorgung	62	
		3.3	Auswirkungen auf die Stromversorgung	64	
Zusammenfassung	8	4	Unerwartete Ereignisse und kombinierte Risiken	69	
1	Einleitung	13			
1.1	Kontext	13	5	Fazit	73
1.2	Gliederung des Berichts	14			
1.3	Grundzüge der Methodik	14	Anhang		77
1.4	Weitere Risikoanalysen des Bundes	16	A1	Methodik	77
			A2	Vollständige Liste aller Klimarisiken und klimabedingten Opportunitäten	82
2	Sektorenübergreifende Herausforderungen innerhalb der Schweiz	17	A3	Verzeichnisse	89
2.1	Zunehmende Hitzebelastung	19			
2.1.1	Hitze mit Auswirkungen auf die Gesundheit und Leistungsfähigkeit	20			
2.1.2	Hitze mit Auswirkungen auf Infrastruktursysteme	22			
2.1.3	Hitze in der Land- und Waldwirtschaft	23			
2.2	Zunehmende Sommertrockenheit	27			
2.2.1	Regenarme Sommer	28			
2.2.2	Erhöhte Waldbrandgefahr	30			
2.2.3	Tiefe Wasserstände	31			
2.3	Zunehmendes Gefahrenpotenzial	35			
2.3.1	Grossräumige Hochwasser	36			
2.3.2	Oberflächenabfluss und lokale Überschwemmungen	37			
2.3.3	Gravitative Massenbewegungen	38			
2.3.4	Hagel und Stürme	40			
2.4	Zunehmende Durchschnittstemperaturen	43			
2.4.1	Milde Temperaturen	44			
2.4.2	Schneearme Winter	46			
2.5	Zunehmende Veränderungen von Lebensräumen und der Artenzusammensetzung	49			
2.5.1	Beeinträchtigung von Ökosystemen und deren Leistungen	50			
2.5.2	Ver mehrt auftretende Schadorganismen	53			
2.5.3	Verändertes Landschaftsbild	55			

Abstracts

The present report identifies and assesses climate risks and climate-related opportunities for Switzerland up to the year 2060. The content and methodology of the first climate risk analysis published in 2017 was comprehensively reviewed and updated with the involvement of numerous specialists from the administrative, academic and business fields. The results serve as a basis for the Federal Council's future adaptation strategy and for developing adaptation strategies and action plans in the cantons and regions.

Der vorliegende Bericht identifiziert und bewertet Klimarisiken und klimabedingte Opportunitäten für die Schweiz bis ins Jahr 2060. Unter Mitwirkung zahlreicher Expertinnen und Experten aus Verwaltung, Wissenschaft und Wirtschaft wurde die erste «Klima-Risikoanalyse» von 2017 inhaltlich und methodisch umfassend überprüft und aktualisiert. Die Ergebnisse dienen als Grundlage für die künftige Anpassungsstrategie des Bundesrats und für die Entwicklung von Anpassungsstrategien und Massnahmenplänen in Kantonen und Regionen.

Le présent rapport identifie et évalue les risques climatiques et les opportunités liées au climat pouvant se présenter en Suisse d'ici 2060. Avec le concours de nombreux spécialistes issus de l'administration ainsi que des milieux scientifiques et économiques, la première analyse « Risques et opportunités liés au climat », publiée en 2017, a été entièrement révisée et actualisée au moyen d'une nouvelle méthodologie. Les résultats fournissent une base pour le développement de la future stratégie d'adaptation du Conseil fédéral ainsi que pour l'élaboration des stratégies d'adaptation et des plans de mesures au niveau des cantons et des régions.

Il presente rapporto identifica e valuta i rischi climatici e le opportunità legate al clima per la Svizzera da qui al 2060. Il contenuto e la metodologia della prima analisi dei rischi climatici del 2017 sono stati completamente rivisti e aggiornati con il coinvolgimento di numerosi esperti dei settori amministrativo, scientifico ed economico. I risultati servono come base per la futura strategia di adattamento del Consiglio federale nonché per lo sviluppo di strategie di adattamento e di piani di misure nei Cantoni e nelle regioni.

Keywords:

Climate change, impacts, risk analysis, risks, opportunities, adaptation

Stichwörter:

Klimawandel, Auswirkungen, Risikoanalyse, Risiken, Opportunitäten, Anpassung

Mots-clés :

changements climatiques, impacts, analyse des risques, risques, opportunités, adaptation

Parole chiave:

cambiamenti climatici, effetti, analisi dei rischi, rischi, opportunità, adattamento

Vorwort

Hitzeperioden und trockene Sommer, Starkniederschläge und zerstörerische Murgänge: Diese Auswirkungen des Klimawandels erleben wir immer häufiger. Der Klimawandel schreitet auch in der Schweiz schnell voran. Er birgt zunehmende Risiken für die Menschen und die natürlichen Lebensgrundlagen, denn viele Auswirkungen des Klimawandels lassen sich nicht mehr rückgängig machen. Als Gesellschaft müssen wir uns an die veränderten Bedingungen anpassen. Die Anpassung an den Klimawandel ist deshalb auch eines der drei Ziele des Übereinkommens von Paris und ein wichtiger Auftrag im Klima- und Innovationsgesetz, das die Stimmbevölkerung im Jahr 2023 angenommen hat.

Wie entwickeln sich die Risiken des Klimawandels in der Schweiz? Diese Leitfrage steht im Zentrum der vorliegenden Aktualisierung der Klima-Risikoanalyse für die Schweiz. Zahlreiche Expertinnen und Experten aus Wissenschaft, Wirtschaft und Verwaltung haben bei der Erarbeitung der Klima-Risikoanalyse für die Schweiz mitgewirkt. Die Analyse zeichnet ein Bild davon, welche Auswirkungen des Klimawandels in der Schweiz heute und in Zukunft wichtig sind. Sie bildet die Grundlagen für die Anpassungsstrategie der Schweiz. Auch Kantone, Regionen und Gemeinden können sich für ihre Anpassungsstrategien und Aktionspläne an den Ergebnissen orientieren.

Die Risiken sind vielfältig, sie betreffen alle Sektoren und Regionen, und sie verändern und verstärken sich. So werden heute Risiken im Zusammenhang mit der Sommertrockenheit höher bewertet als zum Zeitpunkt der letzten Klima-Risikoanalyse von 2017. Dass Wasser auch im Wasserschloss Schweiz knapp werden könnte, war für viele noch bis vor Kurzem unvorstellbar.

Trotz oder gerade wegen der grossen Risiken des Klimawandels, die ein rasches und gezieltes Vorgehen bei der Anpassung nötig machen, ist eines nicht zu vergessen: Es ist wichtig, die Treibhausgasemissionen bis 2050 auf Netto-Null zu senken. Unser Handeln von heute bestimmt, wie sich der Klimawandel in Zukunft auswirken wird.

Reto Burkard, Vizedirektor
Bundesamt für Umwelt (BAFU)

Zusammenfassung

Als Grundlage für die Anpassung an den Klimawandel hat das Bundesamt für Umwelt (BAFU) zum zweiten Mal nach 2017 die Klimarisiken für die Schweiz analysiert. Ausgehend von der Analyse aus dem Jahr 2017 wurden zum einen die Risiken unter heutigen klimatischen Bedingungen bewertet. Zum anderen wurde abgeschätzt, wie sich diese Risiken und allfällige klimabedingte Opportunitäten bis zum Jahr 2060 unter der Annahme eines starken Klimawandels verändern. Bei der Analyse wurde einerseits die aktuelle wissenschaftliche Literatur analysiert. Andererseits wurden zahlreiche Expertinnen und Experten iterativ einbezogen.

Sektorenübergreifende Herausforderungen des Klimawandels innerhalb der Schweiz

Innerhalb der Schweiz wurden 34 Klimarisiken und 6 klimabedingte Opportunitäten identifiziert, analysiert und bewertet. Diese können fünf sektorenübergreifenden Herausforderungen zugeordnet werden (Abbildung 1):

Hohe Temperaturen beeinträchtigen bereits heute das Wohlbefinden, die Gesundheit und die Leistungsfähigkeit der Menschen vor allem in tief gelegenen, dicht bebauten Gebieten der Schweiz. Mit dem Klimawandel werden Hitzeperioden und sehr heisse Tage häufiger und intensiver. Risiken aufgrund **zunehmender Hitzebelastung** werden dadurch verschärft. Aufgrund der Alterung der Gesellschaft werden immer mehr vulnerable, alte und pflegebedürftige Menschen davon betroffen sein. Auch hitzeexponierte Wirtschaftsaktivitäten, Infrastrukturen sowie die Land- und Waldwirtschaft sind von zunehmender Hitze betroffen.

Risiken als Folge von Sommertrockenheit werden im Vergleich zur Klima-Risikoanalyse 2017 als deutlich relevanter eingestuft. Trockene Sommer haben sich in den vergangenen Jahren gehäuft. Dies hat weitreichende Auswirkungen auf die Land- und Waldwirtschaft, die Schifffahrt, aber auch auf die Ökosysteme. Die zukünftigen Risiken für Land- und Waldwirtschaft durch die **zunehmende Sommertrockenheit** werden unter anderem deshalb als hoch beurteilt, weil sie oft in Kombination mit anderen Risiken wie Hitze und dem Aufkommen und der Verbreitung von Schadorganismen

auftreten und sich dadurch verstärken. Aufgrund der Veränderungen des Wasserhaushalts geraten verschiedene Wassernutzungen unter Druck und treten zunehmend zueinander in Konkurrenz.

Infolge des Klimawandels werden Starkniederschläge häufiger und intensiver. Im hochalpinen Raum führt die Erwärmung dazu, dass die Gletscher schmelzen und der gefrorene Untergrund auftaut. Das **Gefahrenpotenzial** nimmt zu. Dies auch aufgrund der wachsenden Bevölkerung, der Ausdehnung des Siedlungsraums und der Akkumulation von Sachwerten in exponierten Gebieten. Im Ereignisfall kommt es zu Personen- und Sachschäden und zu indirekten Kosten aufgrund längerer Betriebsunterbrüche. Vor allem das Risiko von Oberflächenabfluss aufgrund von intensivem und häufigerem Starkniederschlag wird, verglichen mit der Klima-Risikoanalyse 2017, als höher eingeschätzt.

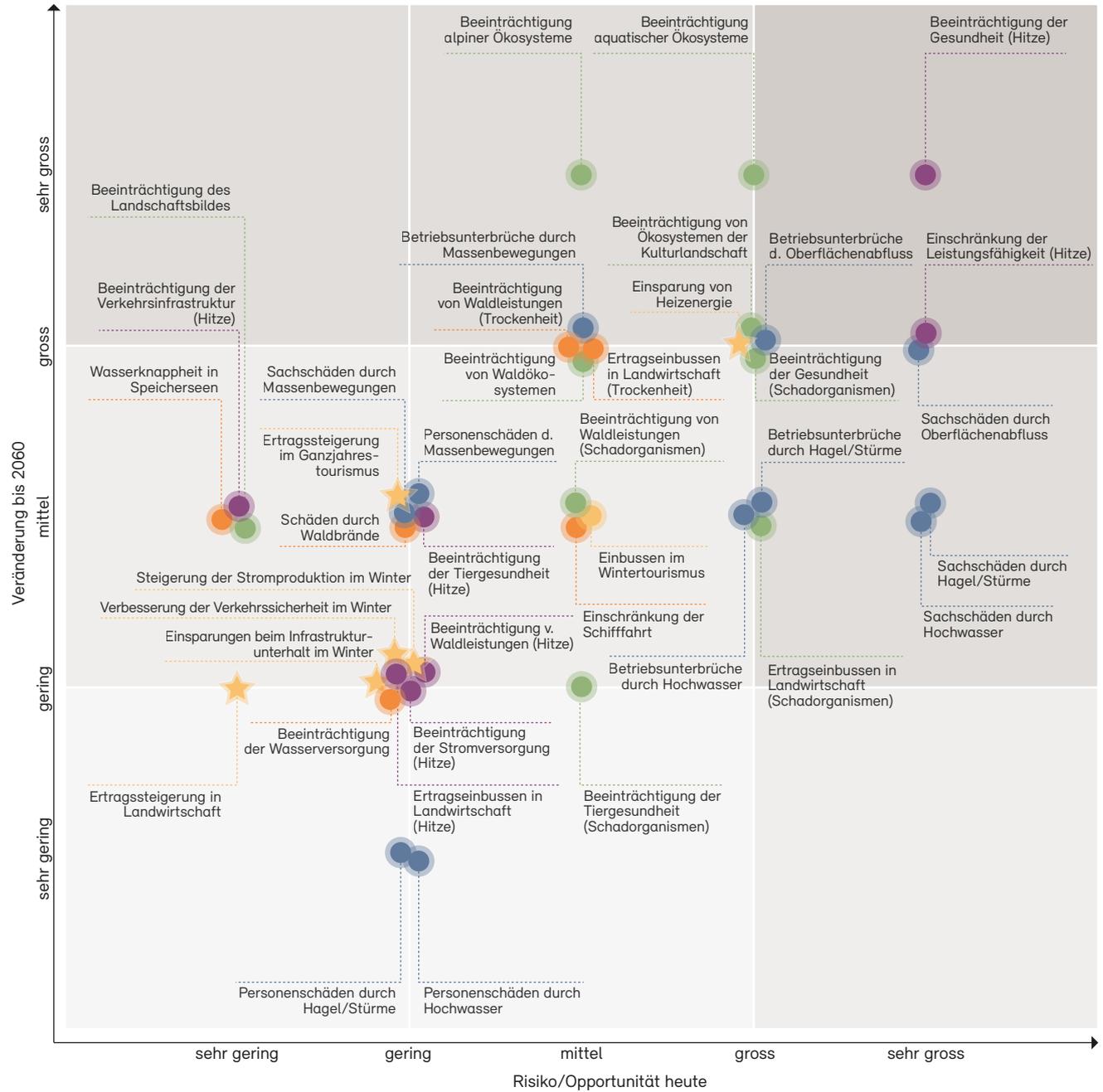
Die **zunehmenden Durchschnittstemperaturen** in allen Jahreszeiten bergen weitere Klimarisiken. Punktuell ergeben sich daraus auch klimabedingte Opportunitäten wie beispielsweise die längere Vegetationsperiode für die Landwirtschaft oder bessere Bedingungen für die Stromproduktion im Winter. Die milderen Winter und die schwindende Schneedecke sind ein Risiko vor allem für den Wintertourismus in den Berggebieten. Die milden Temperaturen führen ausserdem zu einem verstärkten Auftreten von Schadorganismen sowie zu veränderten Naturgefahrenprozessen.

Insgesamt führt der Klimawandel zu **Veränderungen von Lebensräumen und der Artenzusammensetzung**. Die damit verbundenen Risiken für Ökosysteme und deren Leistungen sowie für die menschliche Gesundheit gehören zu den relevantesten Risiken des Klimawandels in der Schweiz. Wichtige Ökosystemleistungen wie sauberes Wasser, fruchtbare Böden, Kohlenstoffspeicherung und Bestäubung können sich vermindern. Zudem können gebietsfremde, wärmeliebende Schadorganismen die menschliche Gesundheit sowie die Land- und Waldwirtschaft beeinträchtigen. Nicht zuletzt verändert der Klimawandel auch das Erscheinungsbild der Landschaft und wichtige Identifikationsmerkmale der Schweiz

Abbildung 1

Darstellung der Bewertungen von Klimarisiken und klimabedingten Opportunitäten innerhalb der Schweiz in der 9-Felder-Matrix für heute (x-Achse) und deren Veränderung bis 2060 (y-Achse)

Risiken durch den Klimawandel im Ausland sowie unerwartete Ereignisse und kombinierte Risiken sind hier nicht dargestellt.



Risikoeinschätzung

- Sehr grosses Klimarisiko
- Grosses Klimarisiko
- Mittleres Klimarisiko
- Geringes Klimarisiko

Sektorenübergreifende Herausforderungen

- Zunehmende Hitzebelastung
- Zunehmende Sommertrockenheit
- Zunehmendes Naturgefahrenpotenzial
- Zunehmende Durchschnittstemperaturen
- Zunehmende Veränderung von Lebensräumen und der Artenzusammensetzung

Bedeutung

- Risiko
- Opportunität

Komplexe Risiken des Klimawandels

Neben den sektorenübergreifenden Herausforderungen im Inland zählen die **zunehmenden Risiken durch den Klimawandel im Ausland** zu den zentralen Herausforderungen des Klimawandels für die Schweiz. Als offene Volkswirtschaft mit zahlreichen internationalen wirtschaftlichen, politischen und sozialen Verflechtungen ist sie von Auswirkungen im Ausland besonders stark betroffen. Sie wirken sich über internationale Lieferketten, grenzüberschreitende Infrastruktursysteme, das globale Finanzsystem und die internationale Sicherheit und Stabilität auf die Schweiz aus. Im vorliegenden Bericht liegt ein Fokus auf Klimarisiken in der Nahrungsmittel- und Stromversorgung.

Auch **unerwartete Ereignisse und kombinierte Risiken** werden in der Analyse behandelt. Die Wahrscheinlichkeit solcher Ereignisse und Kombinationen ist schwer abschätzbar, deren Auswirkungen können aber sehr weitreichend bis katastrophal sein. Dazu gehören spezifische Kombinationen verschiedener Gefahren, die sich räumlich überlagern oder zeitlich aufeinanderfolgen, extreme Extremereignisse, die ausserhalb des Bereichs bisher beobachteter Ereignisse liegen, oder das Erreichen sogenannter Kipppunkte im Klimasystem, in Ökosystemen und in der Gesellschaft.

Fazit

Die Auswirkungen, Herausforderungen und Risiken des Klimawandels in der Schweiz sind sehr vielfältig. 12 der 34 analysierten Risiken werden bereits heute als gross oder sehr gross eingestuft. Bei 12 Risiken werden grosse oder sehr grosse Veränderungen bis 2060 erwartet. Sie sind in den verschiedenen Regionen der Schweiz unterschiedlich ausgeprägt und treffen verschiedene Bevölkerungsgruppen in unterschiedlichem Ausmass. Vereinzelt ergeben sich auch klimabedingte Opportunitäten, die aber die zunehmenden Risiken in keiner Weise kompensieren.

Die Klima-Risikoanalyse dient als Grundlage für die Anpassung an die Auswirkungen des Klimawandels in der Schweiz. Von übergeordneter Bedeutung bleibt die konsequente Reduktion der Treibhausgasemissionen auf Netto-Null bis 2050, um die gravierendsten und möglicherweise unkontrollierbaren Auswirkungen zu vermeiden.



*Die Verbreitung der invasiven Chinesischen Hanfpalme wird durch den Klimawandel und Landnutzungsänderungen begünstigt. Die Palme beeinträchtigt Auenwaldökosysteme und die Schutzfunktion des Waldes im Tessin, wie hier am Monte Caslano.
Foto: Vincent Fehr / WSL (24.8.2018)*

1 Einleitung

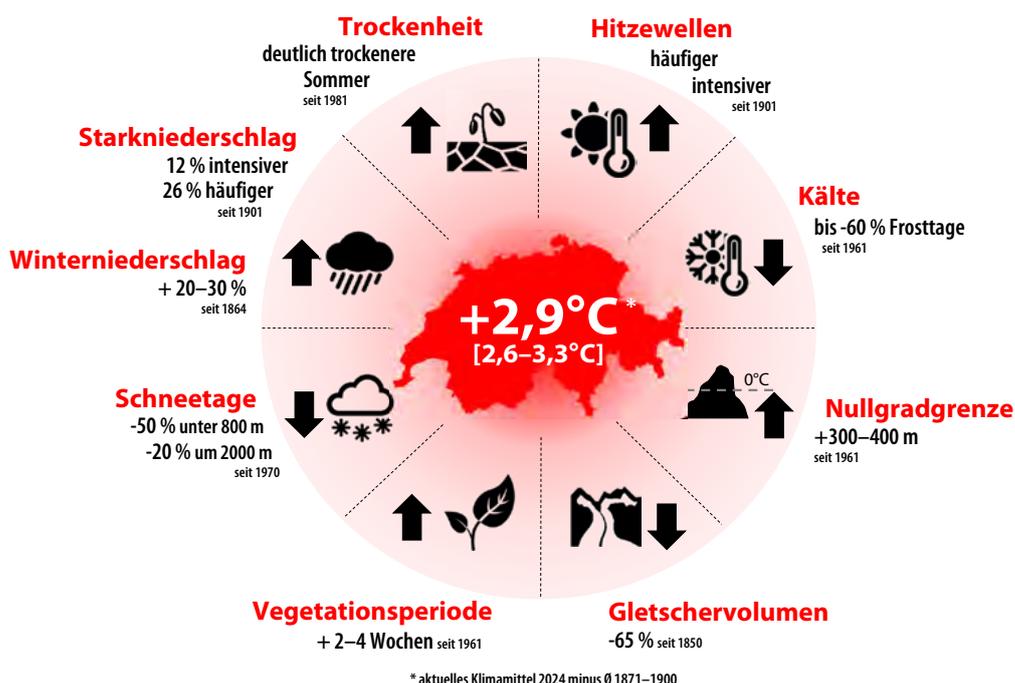
1.1 Kontext

Das Klima hat sich weltweit und auch in der Schweiz bereits massgeblich verändert (siehe Abbildung 2). In der Schweiz nehmen die Hitzetage zu, werden die Sommer trockener, die Starkniederschläge intensiver, die Schneetage weniger. Zudem schwinden die Gletscher, steigt die Nullgradgrenze und die Vegetationsperiode wird länger. Dies birgt viele Risiken für die Menschen, den sozialen Zusammenhalt, den Wohlstand und die natürlichen Lebensgrundlagen. Die Schweiz hat deshalb ihre Klimapolitik auf die Reduktion der Treibhausgasemissionen auf Netto-Null bis 2050 und auf die Anpassung an den Klimawandel und auf den Schutz vor dessen unvermeidbaren Auswirkungen ausgerichtet. Um die Anpassungsstrategien und -massnahmen möglichst zielgerichtet zu gestalten, müssen die relevanten Risiken und – wo es sie gibt – Opportunitäten des Klimawandels erkannt und Prioritäten entsprechend gesetzt werden.

Die Anpassung an den Klimawandel ist eines der drei Ziele des Übereinkommens von Paris und auch des Klima- und Innovationsgesetzes. Das Klima- und Innovationsgesetz verpflichtet Bund und Kantone, vorzusorgen und Massnahmen zur Anpassung an den Klimawandel und zum Schutz vor den Folgen des Klimawandels zu ergreifen. Der Bund ist zudem gemäss dem CO₂-Gesetz dafür verantwortlich, die Anpassungsaktivitäten in der Schweiz zu koordinieren und dafür zu sorgen, dass die dafür nötigen Grundlagen bereitgestellt werden.

Im Jahr 2017 veröffentlichte das Bundesamt für Umwelt, basierend auf sieben regionalen Fallstudien, erstmals einen umfassenden Synthesebericht zu Klimarisiken und klimabedingten Opportunitäten in der Schweiz. Die Klima-Risikoanalyse wurde nun inhaltlich sowie methodisch überprüft und aktualisiert. Sie dient als Basis für die künftige Anpassungsstrategie und den Aktionsplan

Abbildung 2
Wichtige Veränderungen des Schweizer Klimas, basierend auf Beobachtungsdaten



Quelle: MeteoSchweiz 2025, www.meteoschweiz.admin.ch/klima/klimawandel.html

Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz, welche bis Ende 2025 überarbeitet werden.

Der vorliegende Bericht fasst die wichtigsten Ergebnisse zusammen. Die beschriebenen Auswirkungen des Klimawandels erlauben es, Schwerpunkte in den Aktivitäten des Bundes zu setzen und die Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz zielgerichtet zu gestalten. Gleichzeitig stellt die Klima-Risikoanalyse auch eine Grundlage für die Entwicklung von Anpassungsstrategien und Massnahmenplänen in Kantonen, Regionen und Gemeinden dar.

1.2 Gliederung des Berichts

Der Bericht zur Klima-Risikoanalyse dokumentiert und beschreibt wichtige klimabedingte Veränderungen und deren Auswirkungen für die Schweiz. Der Bericht gliedert sich in fünf Kapitel. Nach dieser **Einleitung** (1) folgt das Kernstück des Berichts: Im Kapitel zu **sektorenübergreifenden Herausforderungen** (2) werden fünf klimabedingte Veränderungen und deren Auswirkungen innerhalb der Schweiz beschrieben:

- zunehmende Hitzebelastung
- zunehmende Sommertrockenheit
- zunehmendes Gefahrenpotenzial
- zunehmende Durchschnittstemperaturen
- zunehmende Veränderungen von Lebensräumen und der Artenzusammensetzung

Die fünf sektorenübergreifenden Herausforderungen werden in thematische Unterkapitel gegliedert, in denen jeweils eine Reihe von Klimarisiken und klimabedingten Opportunitäten erläutert werden. Die Erläuterungen erfolgen jeweils anhand der drei Risikokomponenten «Klimasignal», «Exposition» und «Vulnerabilität». Für alle Risikokomponenten werden sowohl die heutige Situation sowie die erwarteten Veränderungen bis 2060 beschrieben.

Ergänzend zu dieser Betrachtung von 40 Risiken und Opportunitäten folgen anschliessend zwei Kapitel, welche verschiedene, besonders komplexe Herausforderungen des Klimawandels vertiefen. Diese Herausforderungen ergeben sich aus Interaktionen des Klimas mit gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und ökologischen Systemen auf nationaler und auf internationaler Ebene. Im Kapitel zu den **Risiken**

durch den Klimawandel im Ausland (3) werden Risiken beschrieben, die durch klimabedingte Ereignisse und Entwicklungen im Ausland für die Schweiz resultieren. Im Kapitel zu **unerwarteten Ereignissen und kombinierten Risiken** (4) des Klimawandels werden Auswirkungen beschrieben, deren Eintrittswahrscheinlichkeit schwer abschätzbar ist, die aber ein besonders grosses Schadenspotenzial aufweisen. Schliesslich werden im **Fazit** (5) eine Reihe von übergeordneten Erkenntnissen formuliert. Der **Anhang** umfasst Erläuterungen zur Methodik, eine Übersicht mit allen Risiken und Opportunitäten sowie zu den an der Klima-Risikoanalyse beteiligten Expertinnen und Experten.

1.3 Grundzüge der Methodik

Die Klima-Risikoanalyse analysiert und bewertet die Klimarisiken und klimabedingten Opportunitäten für das gesamte Gebiet der Schweiz. Der gewählte methodische Ansatz ist in Anhang 1 sowie in einem separaten Methodenbericht¹⁴⁴ näher beschrieben.

Abbildung 3
IPCC-Risikokonzept

Ein Risiko ergibt sich als Kombination von «Klimasignal», «Exposition» und «Vulnerabilität».



Grafik: Eigene Darstellung, angelehnt an IPCC¹²⁰

Risikodefinition gemäss IPCC:**Klimasignal, Exposition und Vulnerabilität**

In der Klima-Risikoanalyse wird das Risiko als Kombination von «Klimasignal» (bzw. Gefahren), «Exposition» und «Vulnerabilität» definiert. Dies entspricht der Risikodefinition des IPCC (siehe auch Abbildung 3).

Das **Klimasignal** beschreibt den bereits bestehenden Einfluss und erwartete Veränderungen des Klimas, beispielsweise in Bezug auf die Anzahl Hitzetage oder die Intensität von Starkniederschlägen. Je stärker das Klimasignal, desto grösser ist tendenziell auch das Klimarisiko bzw. die klimabedingte Opportunität und kommende Veränderungen.

Die **Exposition** beschreibt die räumliche Verteilung von Personen, Sachwerten, kritischer Infrastruktur, landwirtschaftlichen Flächen und Ökosystemen, welche von einem Klimasignal betroffen sein könnten. Je grösser die Exposition, desto grösser ist tendenziell auch das Klimarisiko bzw. die klimabedingte Opportunität und deren kommende Veränderungen. Durch Prozesse wie Bevölkerungsentwicklung, Wirtschaftswachstum und Strukturwandel wird sich die Exposition der Schweiz gegenüber Klimarisiken und klimabedingten Opportunitäten bis 2060 verändern.

Die **Vulnerabilität** beschreibt das Ausmass, in welchem sich ein Klimasignal bei Vorhandensein einer Exposition in einen Effekt auswirkt. Die Vulnerabilität ist unter anderem abhängig von der Sensitivität eines Systems (bzw. im Fall von klimabedingten Opportunitäten dessen Möglichkeiten, potenzielle Vorteile für sich zu nutzen), aber auch von Anpassungskapazitäten. Je höher die Vulnerabilität, desto grösser ist tendenziell auch das Klimarisiko bzw. die klimabedingte Opportunität und deren kommende Veränderungen.

Klimaszenarien

Das Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz stellt regelmässig aktualisierte Klimaszenarien für die Schweiz bereit. Die aktuell gültige Ausgabe der Schweizer Klimaszenarien «CH2018» wurde im Jahr 2018 veröffentlicht, derzeit läuft eine Aktualisierung («CH2025»). Für die Aktualisierung der Klima-Risikoanalyse wurden die Klimaszenarien «CH2018» verwendet und ergänzend eine Reihe neuerer wissenschaftlicher Studien

zu den Auswirkungen des Klimawandels in der Schweiz berücksichtigt.

Im Sinne des Vorsorgeprinzips orientiert sich die Klima-Risikoanalyse am oberen Rand der Szenarien zur zukünftigen Emissionsentwicklung, sogenannten «Hochemissionsszenarien». Die Schweiz soll auch für den Fall vorbereitet sein, dass der globale Klimaschutz nicht im gewünschten Ausmass erfolgreich ist und der Klimawandel weiter voranschreitet. Mit einem Hochemissionsszenario im Rahmen eines Stresstests lässt sich das Verständnis von einem System verbessern und besser beurteilen, wo das System in Bezug auf den Klimawandel verletzlich respektive vulnerabel ist. Zudem entwickeln sich heute die globalen Treibhausgasemissionen und der gemessene regionale Temperaturanstieg tatsächlich entlang des oberen Rands des Szenarienfächers. Die aktuelle Forschung weist weiter darauf hin, dass die bestehenden regionalen Klimaszenarien gewisse Veränderungen des Klimawandels eher unterschätzen.¹

Identifikation und Bewertung von Risiken

In der Klima-Risikoanalyse wurden auf Basis der Analyse von 2017, aktueller wissenschaftlicher Literatur sowie anhand von Inputs von Expertinnen und Experten (siehe Anhang 3) insgesamt 40 Risiken und Opportunitäten des Klimawandels in der Schweiz identifiziert und bewertet. Der Fokus liegt dabei auf möglichst klar voneinander abgrenzbaren physischen Auswirkungen des Klimawandels sowie deren unmittelbare Konsequenzen. Ergänzend zu diesen 40 Risiken und Opportunitäten werden Risiken durch den Klimawandel im Ausland sowie unerwartete Ereignisse und kombinierte Risiken beschrieben. Diese Auswirkungen werden jedoch methodisch anders erfasst und in den Kapiteln 3 und 4 lediglich qualitativ erläutert. Die 40 Risiken und Opportunitäten werden auf gesamtschweizerischer Ebene bewertet. Zum einen wird die heutige Relevanz, zum anderen die Veränderung der Risiken und Opportunitäten bis zum Jahr 2060 bewertet. Die Bewertungen erfolgen auf Skalen von – 1 bis – 5 (sehr geringe bis sehr grosse Risiken respektive Veränderungen) bzw. + 1 bis + 5 (sehr geringe bis sehr grosse Opportunitäten respektive Veränderungen).

1.4 Weitere Risikoanalysen des Bundes

Die Klima-Risikoanalyse läuft parallel zu weiteren Aktivitäten des Bundes im Bereich der Anpassung an den Klimawandel. So ist zurzeit das Forschungsprogramm «Entscheidungsgrundlagen zum Umgang mit dem Klimawandel in der Schweiz: Informationen zu sektorenübergreifenden Themen» (NCCS-Impacts²) im Gang, in dem praxisnahe Klimadienleistungen zu einer Reihe von sektorenübergreifenden Fragestellungen erarbeitet werden. Wo relevant, wird in der Klima-Risikoanalyse auf die laufenden Forschungsarbeiten verwiesen. Auch die nationale Risikoanalyse «Katastrophen und Notlagen Schweiz» des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz (BABS)³, welche derzeit aktualisiert wird, nimmt Bezug auf Klimarisiken. Die Analyse definiert konkrete Szenarien eines breiten Spektrums möglicher Katastrophen und Notlagen in den kommenden Jahren. Im Vergleich zur nationalen Risikoanalyse des BABS betrachtet die vorliegende Klima-Risikoanalyse einen längeren Zeithorizont und ergänzt damit die Risikogrundlagen des BABS.

2 **Sektorenübergreifende Herausforderungen innerhalb der Schweiz**



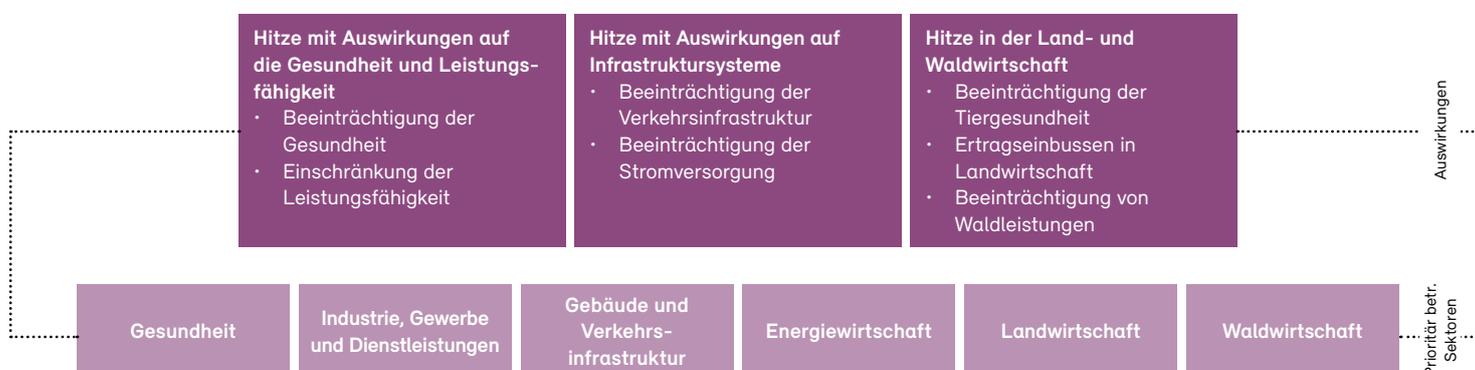
*Sonnenschirme auf dem Sechseläutenplatz in Zürich spenden behelfsmässig Schatten in der Innenstadt. Durch die Versiegelung des Bodens entstehen Hitzeinseln im urbanen Raum.
Foto: Christoph Ruckstuhl / NZZ (4.8.2022)*

2.1 Zunehmende Hitzebelastung

Mit dem Klimawandel werden Hitzeperioden nicht nur häufiger, sondern auch heisser. Dies stellt besonders für ältere Menschen ein grosses Gesundheitsrisiko dar. Im Kontext einer alternden Gesellschaft nimmt dieses Risiko an Bedeutung künftig zu. Auch hitzeexponierte Wirtschaftsaktivitäten, Infrastrukturen sowie die Land- und Waldwirtschaft sind von zunehmender Hitze betroffen.

Abbildung 4

Übersicht über die Risiken und die prioritär betroffenen Sektoren durch die zunehmende Hitzebelastung in der Schweiz



In den letzten Jahren gab es in der Schweiz mehrere von Hitzeperioden geprägte Sommer. Der Einfluss des Klimawandels auf die Hitzebelastung ist sehr gut belegt: Hitzeperioden werden zukünftig noch häufiger und heisser. Dies wirkt sich negativ auf das Wohlbefinden und die Gesundheit der Bevölkerung in der Schweiz aus und führt zu einer zusätzlichen Belastung des Gesundheitssystems. Sie betrifft weite Teile der Schweiz, namentlich das Mittelland und die Südschweiz und innerhalb dieser Gebiete insbesondere die Städte und Agglomerationen, in denen 74 Prozent der Bevölkerung leben.⁴ Weil Hitzeperioden auch die Leistungsfähigkeit der Menschen reduzieren, haben sie auch wirtschaftliche Konsequenzen. Dies gilt sowohl für stark hitzeexponierte Sektoren wie die Bau- und Landwirtschaft als auch für vermeintlich weniger betroffene Sektoren wie beispielsweise den Dienstleistungssektor. Hitze hat auch Auswirkungen auf Infrastruktursysteme. Durch hitzebedingte Schäden kann der Betrieb und Unterhalt von Infrastrukturen teurer werden. Darüber hinaus betreffen Hitzeperioden auch die Land- und Forstwirtschaft. So leiden landwirtschaftliche Kulturen, Nutztiere und Wälder unter erhöhtem Hitzestress.

Aufgrund der Erfahrungen der letzten Jahre haben Schweizer Städte und Kantone damit begonnen, stadtklimatische Grundlagen zu erarbeiten, Hitzeaktionspläne zu erstellen und die Hitzeminderung in der Siedlungsentwicklung zu verankern und umzusetzen. Seit 2023 werden zudem jährlich die hitzebedingten Todesfälle in der Schweiz ausgewiesen. In der Land- und Waldwirtschaft kann die Anpassung an den Klimawandel unter anderem mit geeigneter Sortenwahl, Beschattung von Weideflächen, hitzeresistenten Nutztierassen und einer an die klimatischen Bedingungen angepassten Baumartenzusammensetzung erfolgen.

In diesem Kapitel werden die Auswirkungen von zunehmender Hitzebelastung auf Menschen und verschiedene Sektoren beschrieben (Abbildung 4). Auswirkungen der Hitze auf Ökosysteme werden in Kapitel 2.5 behandelt.

Klimasignal

Zum Einfluss des Klimawandels auf die Häufigkeit und Intensität von Hitzeperioden liefert die Forschung sehr klare

Resultate. Besonders gross ist die Hitzebelastung in den Sommermonaten in den Städten und Agglomerationen.⁵

Bis 2060 wird mit einer deutlichen Zunahme der Hitzetage, also Tage mit Temperaturen über 30 Grad Celsius, gerechnet. Diese heissesten Tage, wie sie heute im Schnitt nur an einem Tag pro Sommer vorkommen, werden bis 2060 in einem typischen Sommer in den tiefen Lagen an 15 oder mehr Tagen auftreten. Höchsttemperaturen können um bis zu 5,5 Grad Celsius höher sein als heute. Tropennächte, in denen die Temperaturen nicht unter 20 Grad Celsius fallen, die heute vor allem in der Südschweiz und in Agglomerationen auftreten, werden bis 2060 ungefähr doppelt so häufig und in tiefen Lagen weitverbreitet sein.⁵ Am meisten zusätzliche Hitzetage werden in tief gelegenen Gebieten in der Region Genf, im Wallis sowie in der Südschweiz erwartet.⁵ Dabei werden die Klimarisiken in Städten und Agglomerationen allgemein ausgeprägter sein, weil die versiegelten Flächen Sonnenstrahlung absorbieren und in Form von Wärme wieder abgeben («Hitzeinseleffekte»). Als Folge der zunehmenden Hitze und der steigenden Durchschnittstemperaturen steigen auch die Kühlgradtage. Diese geben an, um wie viel Grad während eines Jahres die Gebäude gekühlt werden müssen, um die Innentemperatur auf einem angenehmen Niveau zu halten.⁶

2.1.1 Hitze mit Auswirkungen auf die Gesundheit und Leistungsfähigkeit

Hitze stellt eine extreme Belastung für den menschlichen Körper dar, insbesondere in Verbindung mit hoher Luftfeuchtigkeit. Neben der Einschränkung des Wohlbefindens kann Hitze zu Erschöpfung und Hitzschlägen führen und bestehende Erkrankungen wie Herz-Kreislauf-, Atemwegs-, Nieren- oder psychische Erkrankungen verstärken.⁷ Bei starken Beschwerden sind Hospitalisierungen notwendig, welche zu Mehrkosten in der medizinischen Versorgung führen. Infolge Hitzeperioden treten mehr Todesfälle auf. Schon heute wird in der Schweiz von mehreren Hundert hitzebedingten Todesfällen pro Jahr ausgegangen.^{7,8} Auch sekundäre Effekte wie beeinträchtigte mentale Gesundheit durch die reduzierte Schlafqualität, beeinträchtigte Luftqualität durch hohe Ozonkonzentrationen während Hitzeperioden, erhöhtes Hautkrebsrisiko durch das Aufhalten im Freien sowie das erhöhte Risiko von Unfällen (insbesondere

Badeunfälle) sind relevant.⁹ Die Auswirkungen von Hitze sind aber auch in der Wirtschaft spürbar: So ist aufgrund der Hitzebelastung mit Leistungseinbussen bei der Arbeit zu rechnen. Gemäss einer Umfrage bei 440 Unternehmen wird die Hitzebelastung in Unternehmen als das relevanteste physische Risiko des Klimawandels für Unternehmen in der Schweiz wahrgenommen.¹⁰ Insbesondere für hitzeexponierte Berufe in der Bau- und Landwirtschaft können gewisse Tätigkeiten zu bestimmten Tageszeiten gar komplett verunmöglicht sein. Die volkswirtschaftlichen Kosten durch den Verlust an Arbeitsproduktivität, die dabei für die Wirtschaft entstehen, belaufen sich schon heute auf mehrere Hundert Millionen Franken pro Jahr.¹¹



Ein leeres Krankenbett in einem Spitalzimmer. Hohe Temperaturen können für die menschliche Gesundheit eine Belastung darstellen und zum Tod führen. Foto: Gaëtan Bally / Keystone

Hitzebedingte Todesfälle im Jahr 2023

Der Sommer 2023 war in der Schweiz bisher der fünftwärmste Sommer seit Messbeginn. Mit statistischen Methoden kann ein Zusammenhang zwischen der gemessenen Tagesmitteltemperatur und der beobachteten Sterblichkeit hergestellt werden. Aussagen zur hitzebedingten Sterblichkeit sind möglich. Im Jahr 2023 wurden 542 Todesfälle auf Hitze zurückgeführt,⁹ dies entspricht 2 Prozent aller Todesfälle in der warmen Jahreszeit zwischen Mai und September. Betroffen ist mit 95 Prozent aller Todesfälle vor allem die Altersgruppe ab 75 Jahren. Eine andere Studie mit Bezug auf das Jahr 2022 deutet zudem darauf hin, dass 60 Prozent der hitzebedingten Todesfälle in der Schweiz ohne Klimawandel nicht eingetroffen wären.¹⁵

Exposition und Vulnerabilität

Fast drei Viertel der Schweizer Bevölkerung lebt in Städten und Agglomerationen.⁴ Ein grosser Teil der Bevölkerung ist somit vom Hitzeinseleffekt betroffen. Relevant sind dabei nicht nur die Höchsttemperaturen am Tag, sondern auch hohe Nachttemperaturen, welche die Erholung beeinträchtigen. Zudem stellen bereits moderat heisse Tage mit



Durch die zunehmende Hitzebelastung besonders betroffene Bevölkerungsgruppen

Gemäss dem Bundesamt für Gesundheit sind insbesondere ältere Menschen, Pflegebedürftige, Personen mit chronischen Erkrankungen, Schwangere, Kleinkinder und Säuglinge durch Hitze gefährdet. Bei chronisch kranken Personen sind Menschen mit Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Atmungssystemerkrankungen, Diabetes, Demenz oder mit psychischen Erkrankungen speziell gefährdet. Es gibt eine Reihe von Studien, welche die Betroffenheit weiterer Bevölkerungsgruppen durch Hitze untersuchen. So weisen Analysen darauf hin, dass bei älteren Menschen Frauen stärker betroffen sind.¹⁶ Die Gründe sind nicht abschliessend geklärt. Mögliche Gründe sind, dass Frauen älter werden, im Alter aktiver (und häufiger draussen) sind, häufiger allein leben oder auch weniger schwitzen als Männer.¹⁶ Darüber hinaus gibt es Studien aus dem europäischen Kontext, dass Frauen mehr bezahlte und unbezahlte Betreuungsarbeit leisten und daher während Hitzeperioden besonders belastet sind.¹⁷ Allerdings gibt es auch Hinweise darauf, dass Männer mittleren Alters eine höhere hitzebedingte Sterblichkeit aufweisen, womöglich weil sie gesundheitliche Risiken eher unterschätzen.¹⁶ Schliesslich verweisen Studien auf eine erhöhte Betroffenheit von Menschen mit tiefem sozioökonomischem Status.^{16,18,19} Im Vergleich zu Studien aus dem Ausland fallen in der Schweiz aber insgesamt sozioökonomische Faktoren weniger stark ins Gewicht als etwa die flächig erhöhte Betroffenheit von ganzen Quartieren aufgrund von fehlendem Grünraum und überproportionaler Hitzebelastung. Dies könnte auf die weniger ausgeprägte Segregation zurückzuführen sein.¹⁸

Tagesmitteltemperaturen bis 25 Grad Celsius eine Belastung für die menschliche Gesundheit dar. Vor allem ältere Menschen, Pflegebedürftige, Personen mit chronischen Erkrankungen, Schwangere, Kleinkinder und Säuglinge sind besonders anfällig für gesundheitliche Konsequenzen durch Hitze (siehe Box links). Analysen deuten darauf hin, dass die Sensibilisierung für Hitzeschutzmassnahmen in der Westschweiz und im Tessin höher und die Vulnerabilität damit geringer ist als in anderen Regionen, die bisher noch weniger von Hitze betroffen sind.¹² Für die Periode von 1980 bis 2023 konnte festgestellt werden, dass die jährliche Anzahl hitzebedingter Todesfälle nicht parallel zur zunehmenden Hitzebelastung zugenommen hat.⁸ Im Gegenteil, die hitzebedingte Sterberate ist heute geringer als zu Beginn der Zeitreihe. Dies liegt daran, dass die Sterblichkeit an Tagen mit moderat heissen Tagesmitteltemperaturen (weniger als 25 Grad Celsius) abgenommen hat, was wiederum darauf hindeutet, dass sich die Bevölkerung in der Schweiz an die zunehmende Hitzebelastung bereits teilweise angepasst hat. Dies kann sowohl aufgrund von physiologischen Anpassungen geschehen sein oder auf die präventive Wirkung von Hitzeschutzmassnahmen zurückgeführt werden. An Tagen mit hohen (ab 25 Grad Celsius und weniger als 27 Grad Celsius) und sehr hohen Temperaturen (ab 27 Grad Celsius) bleibt eine Anpassung aber bisher aus.⁸

Bis 2060 werden Exposition und Vulnerabilität der Schweizer Bevölkerung gegenüber der zunehmenden Hitze stark ansteigen. Gründe dafür sind einerseits die Bevölkerungsentwicklung und die Alterung der Gesellschaft: Gemäss dem Referenzszenario des Bundesamtes für Statistik, welches die Bevölkerungsentwicklung der letzten Jahre fortschreibt, wird die Bevölkerung in der Schweiz bis 2050 um 20 Prozent wachsen.¹³ Die Anzahl der gegenüber Hitze besonders vulnerablen Menschen ab 80 Jahren wird sich sogar verdoppeln.¹³ Zudem findet das Bevölkerungswachstum vor allem in den grossen Agglomerationen statt, wo die Hitzebelastung besonders stark ist. Gleichzeitig kann die Exposition und Verletzlichkeit mit gezielten Anpassungsmassnahmen reduziert werden. Wichtige Sofortmassnahmen sind die Sensibilisierung der Bevölkerung über geeignete Verhaltensweisen bei Hitze, frühzeitige Warnungen und persönliche Betreuung während Hitzeperioden. Auch raumplanerische und bauliche Massnahmen in Städten wie etwa die Sicherung von Durchlüftungskorridoren, die Entsiegelung von

asphaltierten Flächen und Schaffung von Grünräumen, die Beschattung von Gebäuden oder die Gebäudekühlung können die hitzebedingten Risiken mindern. Im Rahmen von Forschungsprojekten erarbeitet der Bund derzeit weitere Entscheidungsgrundlagen zu den gesundheitlichen Auswirkungen von Hitze.¹⁴

Auch die Wirtschaft ist von der zunehmenden Hitzebelastung betroffen, weil die Leistungsfähigkeit und Produktivität von Arbeitnehmenden eingeschränkt sein können. Modellierungen zeigen, dass Personen mit höherer körperlicher Aktivität am meisten an Produktivität einbüßen. Demgegenüber sind bei Arbeitnehmenden mit geringer körperlicher Aktivität, beispielsweise im Dienstleistungssektor, verhältnismässig geringere Produktivitätseinbußen zu verzeichnen, weil die Arbeit in gut isolierten und klimatisierten Umgebungen ausgeführt werden kann.¹¹ Gesamtwirtschaftlich sind aber auch diese Einbußen bedeutend, weil in der Schweiz weitaus mehr Menschen beruflichen Tätigkeiten mit geringer körperlicher Aktivität nachgehen.¹¹

Klimarisiken

Hitzeperioden sind schon heute ein sehr grosses Risiko für die Gesellschaft. Besonders ausgeprägt ist die Belastung in den bevölkerungsreichen Städten und Agglomerationen. Bis 2060 werden sich die Risiken wegen der Zunahme von intensiven Hitzeperioden, der Alterung der Gesellschaft und der Urbanisierung weiter akzentuieren. Durch eingeschränkte Leistungsfähigkeit werden auch wirtschaftliche Tätigkeiten beeinträchtigt. Insgesamt werden die Beeinträchtigungen der menschlichen Gesundheit und die Einschränkungen der Leistungsfähigkeit durch die zunehmende Hitzebelastung als sehr grosse Klimarisiken bewertet.

2.1.2 Hitze mit Auswirkungen auf Infrastruktursysteme

Verkehrs- und Stromversorgungsinfrastrukturen sind an heissen Tagen besonders hohen Belastungen ausgesetzt. Auswirkungen auf einzelne Abschnitte von Verkehrsinfrastrukturen, meist Verformungen von Schienen, Strassen oder Start-/Landebahnen durch Hitze, treten schon heute auf. Sekundär können dadurch Verspätungen und damit verbundene Kosten anfallen, beispielsweise weil Schienen bei hohen Temperaturen geschont und die

Fahrtgeschwindigkeiten reduziert werden müssen. In der Stromproduktion beschränken sich die hitzebedingten Auswirkungen bisher mehrheitlich auf mit Flusswasser gekühlte Kernkraftwerke, deren Leistung während Hitzeperioden aufgrund nicht ausreichender Kühlkapazitäten gedrosselt werden müssen. Zukünftig könnte es während Hitzeperioden zu einem erhöhten Energiebedarf für die Kühlung von Gebäuden und anderen Infrastrukturen kommen. Zunehmend intensivere Hitzeperioden erfordern insgesamt eine sorgfältige Überprüfung der Belastbarkeit der Infrastruktursysteme.



Das Kernkraftwerk Beznau im Kanton Aargau entnimmt zwecks Kühlung Wasser aus der Aare. Dieses wird erwärmt wieder in den Fluss geleitet und kann so im Sommer eine Gefahr für das Ökosystem darstellen. Foto: Urs Hubacher / Keystone

Einschränkungen des Kernkraftwerks Beznau im Juli 2022

Wegen anhaltender Hitze musste das Kernkraftwerk Beznau im Sommer 2022 die Leistung seiner Reaktoren reduzieren, damit sich die Aare durch das eingeleitete Kühlwasser nicht zu stark erwärme. Im Gegensatz zu den anderen Kernkraftwerken der Schweiz erfolgt die Rückkühlung des Kernkraftwerks Beznau nicht über einen Kühlturm, sondern direkt mit Flusswasser.²⁴ Gemäss Gewässerschutzverordnung hätte die Anlage komplett ausgeschaltet werden müssen, weil die für Fische und andere Wasserorganismen gefährliche Grenze von 25 Grad Celsius während mehrerer Tage überschritten wurde. Aufgrund der angespannten Stromversorgungslage wurde aber eine Ausnahme gewährt und das Kraftwerk im gedrosselten Betrieb weitergeführt.²⁵

Exposition und Vulnerabilität

Die Schweiz verfügt über ein dichtes Strassen-, Schienen- und Stromversorgungsnetz, in das jährlich Investitionen in Milliardenhöhe getätigt werden. Die Infrastrukturen in der Schweiz sind generell von hoher Qualität, wurden aber ohne Berücksichtigung des Klimawandels im Allgemeinen und der zunehmenden Sommerhitze im Speziellen geplant. Solche Infrastrukturen sind auf mehrere Jahrzehnte Nutzung ausgelegt, entsprechend langsam verläuft eine allfällige Anpassung an veränderte Bedingungen. Bei den Strasseninfrastrukturen spielt Hitze im Vergleich zu anderen Belastungen (insbesondere der Abnutzung durch Schwerverkehr) eine untergeordnete Rolle. Dies gilt auch für Bahninfrastruktursysteme. Allerdings ist der Bahnverkehr tendenziell anfälliger gegenüber hitzebedingten Einschränkungen, da es für viele Strecken keine Ausweichmöglichkeiten gibt.²⁰

In der Stromproduktion sind bisher vor allem Kernkraftwerke mit Flusswasserkühlung von Hitze betroffen. Bei hohen Flusswassertemperaturen müssen sie ihre Leistung reduzieren, damit die Temperaturgrenzwerte in den Gewässern durch das eingeleitete Kühlwasser nicht überschritten werden. Für das Stromnetz stellt die Sommerhitze bisher keine grosse Belastung dar, da die Netzbelastung in der Schweiz in den Sommermonaten im Vergleich zum Winter geringer ist.²¹ Auch die Stromnachfrage reagiert heute noch kaum auf hohe Temperaturen, weil in der Schweiz bisher vor allem Dienstleistungsbauten und nur wenige Wohngebäude mit Kühlgeräten ausgestattet sind.⁶ Trotzdem gilt es, den passiven sommerlichen Wärmeschutz bei allen Gebäuden hoch zu gewichten, damit die Stromnachfrage auch künftig möglichst klein bleibt und Strom für andere Zwecke als die Kühlung eingesetzt werden kann.

Aufgrund des Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstums ist davon auszugehen, dass die Verkehrs- und Stromversorgungsinfrastrukturen in der Schweiz weiter ausgebaut werden. Ob die zunehmende Hitzebelastung dabei ein Problem darstellt, hängt von der Ausgestaltung der jeweiligen Infrastruktursysteme ab. In der Stromproduktion ist zu erwarten, dass der zusätzliche Bedarf an Kühlenergie vor allem während sommerlicher Hitzeperioden auftritt, wenn viel Strom aus Solarenergie zur Verfügung steht.²² Hitze reduziert zwar auch die Produktion von Solarmodulen,

insgesamt sind diese Einflüsse aber von geringer Bedeutung.²³ Zudem wird sich die Vulnerabilität der Stromproduktion gegenüber Hitze wegen des beschlossenen Ausstiegs aus der Kernenergie reduzieren. Andererseits erhöht sich die Vulnerabilität der Stromübertragungsnetze aufgrund der volatileren Lastflüsse von erneuerbaren Energien.

Klimarisiken

Die Infrastruktursysteme in der Schweiz sind heute auch unabhängig vom Klimawandel hohen Belastungen ausgesetzt. Die hitzebedingten Risiken für Verkehrsinfrastrukturen sind bisher gering, werden aber bis 2060 ansteigen. In der Stromproduktion wird der Betrieb von Kernkraftwerken durch hohe Wassertemperaturen bereits heute regelmässig eingeschränkt. Das absehbare Betriebsende der mit Flusswasser gekühlten Kernkraftwerke wird dieses Risiko in Zukunft reduzieren. Auch die Risiken in der Stromversorgung durch den zusätzlichen Bedarf an Kühlenergie dürften begrenzt bleiben, da der Bedarf weitgehend mit den Produktionsspitzen der Solarenergie zusammenfällt, die in den nächsten Jahrzehnten stark ausgebaut werden soll. Insgesamt werden Beeinträchtigungen im Bereich der Verkehrsinfrastruktur und der Stromversorgung durch die zunehmende Hitzebelastung als mittlere Klimarisiken bewertet.

2.1.3 Hitze in der Land- und Waldwirtschaft

Hitze beeinträchtigt die Land- und Waldwirtschaft. In der Landwirtschaft muss mit Qualitätseinbussen, Ernteeinbussen oder sogar Ernteauffällen gerechnet werden. Aber auch Nutztiere wie Rindvieh, Schweine und Hühner sind von der zunehmenden Hitzebelastung betroffen. In der Waldwirtschaft wird nicht nur das Holznutzungspotenzial, sondern auch die Schutzfunktion der Wälder durch den Hitzestress reduziert. Oft sind Hitzeperioden mit Sommertrockenheit kombiniert, sodass eine eindeutige Zuordnung der Einbussen in der landwirtschaftlichen Produktion und der Waldschäden nicht möglich ist. In Kapitel 2.2 wird vertieft auf die Auswirkungen von zunehmender Sommertrockenheit eingegangen, wobei auch die Akzentuierung der Trockenheit durch die erhöhte Verdunstung während Hitzeperioden berücksichtigt wird. Hier liegt der Fokus auf den mehrheitlich hitzebedingten Auswirkungen auf die Land- und Waldwirtschaft.

Exposition und Vulnerabilität

Die Landwirtschaft trägt heute weniger als 1 Prozent zur Bruttowertschöpfung der Schweiz bei.²⁶ Bezogen auf die Bodennutzung ist sie aber sehr relevant: 35 Prozent der Landesfläche sind landwirtschaftliche Flächen.²⁷ Je nach landwirtschaftlicher Kultur fallen die Risiken durch Hitze- stress unterschiedlich an. Als besonders hitzeempfindlich gilt die Kartoffel (siehe Box Seite 25). In der Tierhaltung sind die Unterschiede in Bezug auf die Vulnerabilität verschiedener Nutztiere weniger ausgeprägt.²⁸ Bei Milchkühen liegt die optimale Umgebungstemperatur zwischen 5 und 25 Grad Celsius, was während Hitzeperioden je nach geografischer Lage deutlich überschritten werden kann.²⁸

Zukünftig wird die Umstellung auf Kulturen, Sorten und Nutztier- rassen mit erhöhter Hitzetoleranz immer wichtiger. Zudem kann durch frühere Saat (was allerdings die Empfindlichkeit gegenüber Spätfrösten erhöht) oder den Anbau von Winter- statt Sommerkulturen die Wachstums- und Reifeperiode auf ausserhalb der heissen Sommermonate gelegt werden.²⁹ In der Nutztierhaltung können Hitzestress und Leistungsein- bussen vermindert werden, indem Nachtweide, Beschattung, Berieselungsanlagen zur Kühlung oder die Verlagerung der Weidehaltung in höher gelegene Gebiete umgesetzt werden. Zudem dürfte die Exposition in der Nutztierhaltung sinken, wenn künftig auf ackerbaulich nutzbaren Böden prioritär Kulturen zur direkten menschlichen Ernährung angebaut werden, wie dies im Zukunftsbild Schweizer Land- und Ernährungswirtschaft 2050 postuliert wird.³⁰

Auch die Waldwirtschaft trägt heute weniger als 1 Prozent zur Bruttowertschöpfung der Schweiz bei,²⁶ flächenmässig sind Wälder und Gehölze mit 32 Prozent der Fläche der Schweiz allerdings relevant.²⁷ Wälder sind nicht nur für die Holznutzung wichtig, sondern erbringen auch wichtige Schutz- und Erholungsleistungen, die in der Bruttowert- schöpfung nicht abgebildet werden. Die Schweizer Wälder sind heute nach wie vor stark von der Fichte geprägt, welche Hitzeperioden schlecht verträgt. Auf 38 Prozent der zugänglichen Waldfläche ist die Fichte die dominierende Baumart.³¹ Auch bei anderen Baumarten wird erwartet, dass sie nicht mehr an die vorherrschenden klimatischen Bedingungen angepasst sind und sich dies auf verschie- dene Waldleistungen auswirkt. Gesamthaft wird erwartet, dass es mit dem Klimawandel zu einem Rückgang von wirtschaftlich wertvollen Arten und zu Einkommensver- lusten für die Waldbesitzer kommt.³² Auch die Holzindustrie ist betroffen, deren Anlagen auf die heutige Baumartenzu- sammensetzung und insbesondere die Fichte ausgerichtet sind.³² Langfristig kann die Baumartenzusammensetzung an die zunehmende Hitzebelastung angepasst werden. Bis 2060 ist aber von einer erhöhten Vulnerabilität auszu- gehen, weil die Anpassung nur langsam erfolgen kann.

Klimarisiken

Durch die zunehmende Hitzebelastung werden in der Schweiz immer häufiger Temperaturen erreicht, welche Risiken für wichtige landwirtschaftliche Kulturen, Nutztiere und Bäume mit sich bringen. Die Hitzeperioden treten in der Schweiz oft in Kombination mit Sommertrockenheit auf, sodass eine eindeutige Zuordnung der landwirtschaftlichen Einbussen und der Waldschäden nicht möglich ist. Insgesamt werden Einbussen im Anbau landwirtschaftlicher Kulturen, in der Nutztierhaltung und die Waldschäden durch die zunehmende Hitzebelastung als mittlere Klimarisiken bewertet.



Der Klimawandel bringt Probleme für die Kartoffelproduktion in der Schweiz. Foto: Gaëtan Bally / Keystone

Kartoffelernte im Jahr 2023

Der Sommer 2023 fiel für die Kartoffeln zu heiss aus. Bereits die Jahre 2021 und 2022 waren von unterdurchschnittlichen Kartoffelernten geprägt, wodurch der wirtschaftliche Druck auf die Produzenten anstieg. Bei hohen Temperaturen ist das Wachstum der Kartoffeln eingeschränkt, ab 30 Grad Celsius gar gestoppt. Grundsätzlich gibt es zwar wärmeresistente Sorten. Diese müssen sich aber erst etablieren und eine Reihe von weiteren Anforderungen erfüllen, so etwa Resistenz gegen Krankheiten oder gute Qualitäten für die weitere Verarbeitung.³³



Kühe grasen auf einer vertrockneten Weide auf dem Chasseral. Aufgrund der Hitze und der fehlenden Niederschläge waren die Böden im Sommer 2022 ausgetrocknet, und die Weiden färbten sich braun.
Foto: Caroline Kan / BAFU (12.8.2022)

2.2 Zunehmende Sommertrockenheit

Die Schweiz ist als Wasserschloss Mitteleuropas bekannt. Bis 2060 werden während der Sommermonate Trockenheit und Niedrigwasserphasen häufiger auftreten und länger anhalten. Auch die Waldbrandgefahr wird ansteigen. Aufgrund der Veränderungen des Wasserhaushalts geraten verschiedene Wassernutzungen unter Druck und treten zunehmend zueinander in Konkurrenz.

Abbildung 5

Übersicht über die Risiken und die prioritär betroffenen Sektoren durch die zunehmende Sommertrockenheit in der Schweiz



Die Schweiz ist eines der wasserreichsten Länder Europas.³⁴ Bis 2060 fällt in den Sommermonaten weniger Regen, und mit den höheren Temperaturen verdunstet mehr Wasser. Böden und die Vegetation werden dadurch trockener. Der Abfluss in den Fließgewässern wird sich über das gesamte Jahr nur wenig verändern. Allerdings bewirkt der Klimawandel, dass die Fließgewässer mehr Wasser im Winter und weniger im Sommer führen. Wasser könnte – zeitlich und regional begrenzt – bis 2060 zunehmend knapper werden. Dadurch sind Beeinträchtigungen in verschiedenen Sektoren zu erwarten, allen voran in der Land- und Waldwirtschaft, aber auch veränderte Rahmenbedingungen für die Stromproduktion und die Rheinschifffahrt. Lokal sind auch negative Auswirkungen auf die öffentliche Wasserversorgung zu erwarten, wobei insbesondere die mit Flüssen im Austausch stehenden Grundwasservorkommen von reduzierten Grundwassermengen und Qualitätsproblemen betroffen sein können.

Die Schweiz hat in den letzten Jahren bereits eine deutliche Häufung von trockenen Sommern erlebt. Als Reaktion auf die anhaltende Trockenheit in den Jahren 2015, 2018 und 2022 wird der Bund ab 2025 ein nationales System zur Früherkennung und Warnung von Trockenheit in

Betrieb nehmen. Auf Basis dieser Daten sollen kritische Trockenheitsperioden frühzeitig erkannt und entsprechend reagiert werden können. Eine sektorenübergreifende und überregionale Betrachtung der Wasserressourcen ist zentral, damit sich die Schweiz an regional und temporär auftretende Wasserknappheit anpassen kann.

In diesem Kapitel werden die Auswirkungen von zunehmender Sommertrockenheit auf verschiedene Sektoren erläutert (Abbildung 5). Auswirkungen von Trockenheit und Niedrigwasserperioden auf Ökosysteme werden in Kapitel 2.5 behandelt.

Klimasignal

Die längste niederschlagsfreie Trockenperiode im Sommer dauert heute im Mittel etwa 11 Tage.⁵ In den letzten Jahren konnte eine Häufung von Trockenperioden festgestellt werden. So waren insbesondere die Jahre 2015, 2018 und 2022 von weitverbreiteter Sommertrockenheit geprägt. Dabei waren nicht nur die mittleren Niederschlagsmengen entscheidend: Hohe Temperaturen begünstigten die Verdunstung und trockneten die Böden weiter aus. Während für die Landwirtschaft bereits kurze, sehr intensive Trockenperioden grosse Auswirkungen

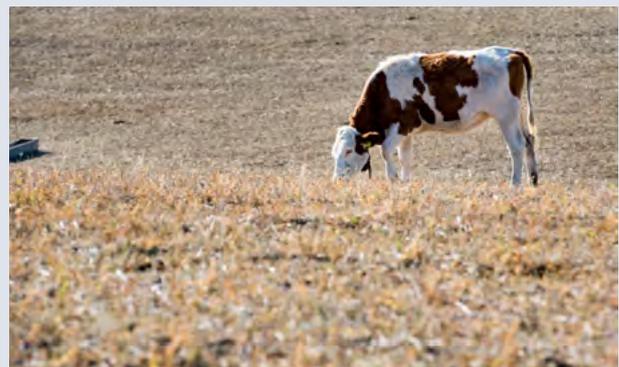
haben können, sind für die Wälder aufeinanderfolgende Trockenjahre, welche gewisse Baumarten zunehmend schwächen, einschneidender. Die Häufung von Trockenperioden in der Schweiz hat sich in den letzten Jahren auch auf die Wasserstände in Flüssen und Seen ausgewirkt. So herrschte vielerorts extremes Niedrigwasser, unter anderem auch in grossen Flüssen wie Aare, Reuss, Limmat und Rhein.³⁵ Wo Grundwasservorkommen mit Fliessgewässern im Austausch stehen, kann sich Niedrigwasser auch auf die verfügbaren Grundwassermengen auswirken.³⁴ Auf Trockenheit reagieren aber auch kleine, oberflächennahe Grundwassersysteme unabhängig von Fliessgewässern.

Der Klimawandel verändert den Wasserhaushalt in der Schweiz. Bis 2060 könnte im Sommer bis zu einem Viertel weniger Regen fallen und die längste niederschlagsfreie Trockenperiode rund 20 Tage dauern.⁵ Im Vergleich zu den Temperaturen sind die Szenarien der Niederschlagsveränderungen heute aber noch relativ unsicher. Trotzdem zeigen die Klimamodelle einen deutlichen langfristigen Trend zur Niederschlagsabnahme im Sommer.⁵ Dabei trägt auch die mit der Erwärmung zunehmende Verdunstung zur Trockenheit bei. Auch die Waldbrandgefahr wird dadurch kontinuierlich ansteigen.³⁶ Statistiken aus den aussergewöhnlich trockenen Jahren 2003, 2015 und 2018 weisen darauf hin, dass die Gefahr von durch Blitze verursachten Waldbränden ohne menschliches Zutun in der Schweiz in den nächsten Jahrzehnten zunehmen könnte.³⁷ Die Gewässer führen künftig mehr Wasser im Winter und weniger im Sommer. Dies hat mehrere Gründe: Im Sommer reduzieren sich die Niederschläge, zudem fällt im Winter durch die steigenden Temperaturen immer mehr Niederschlag als Regen anstelle von Schnee. Dieses Wasser fliesst früher ab und fehlt dadurch im Sommer.³⁴ Zwischenzeitlich dürften die schmelzenden Gletscher diesen Prozess zwar teilweise ausgleichen. Dies ist allerdings ein vorübergehendes Phänomen: Spätestens ab 2050 wird das Schmelzwasser auch bei grösseren Gletschern abnehmen und das fehlende Wasser im Sommer nicht mehr kompensieren können.³⁴ Insgesamt begünstigen die abnehmenden Niederschläge im Sommer in Kombination mit der Abnahme von Schnee und Eis bis 2060 das Auftreten von Niedrigwasserperioden während der Sommermonate. Dies wirkt sich besonders auf die durch Fliessgewässer gespeisten Grundwasservorkommen aus. Überregional betrachtet sollte die Gesamtmenge der

Grundwasserneubildung trotz zunehmender Sommertrockenheit aber ausreichen, um die Grundwasserspeicher zu füllen. Die jahreszeitliche Verteilung der Grundwasserstände wird sich aber verändern.³⁴

2.2.1 Regenarme Sommer

Regelmässige Niederschläge sind für die Landwirtschaft in der Schweiz unentbehrlich. Bei längeren Trockenperioden muss mit Qualitätseinbussen, Ernteeinbussen oder sogar Ernteauffällen gerechnet werden, insbesondere wenn



Ausgetrocknete Weiden aufgrund lang anhaltender Sommertrockenheit 2018 in Chavornay (VD).
Foto: Jean-Christophe Bott / Keystone

Raufutterproduktion in Trockenjahren

Anhaltende Trockenheit kann das Wachstum von Wiesen und Weiden erheblich verringern. In den trockenen Sommern 2003, 2015 und 2018 war die Futterproduktion um bis zu 25 Prozent tiefer als in anderen Jahren.⁴³ Dies zeigt sich auch in den Statistiken der Heuimporte, welche in diesen Jahren deutlich anstiegen.⁴⁴ Besonders ausgeprägt waren die Schwankungen im Mittelland. Auch im trockenen Jahr 2022 war die Futterproduktion beeinträchtigt. Diese Erkenntnisse unterstreichen die Vulnerabilität der Futtermittelproduktion für die heutigen Tierbestände in der Schweiz gegenüber klimatischen Extremereignissen.⁴³ Zahlreiche Alpwirtschaften mussten Tiere früher von der Alp abziehen oder Futter vom Tal auf die Alpen bringen, weil zu wenig Raufutter verfügbar war.⁴⁵

diese während sensitiver Phasen der Pflanzenentwicklung auftreten. Wasserintensive Kulturen wie Kartoffeln oder Mais sind bereits heute von Trockenheit betroffen. Auch andere Wetterextreme können die landwirtschaftliche Produktion beeinträchtigen. Abweichungen der jährlichen Erträge wichtiger Ackerkulturen³⁸ lassen aber darauf schliessen, dass die Erträge seit 2000 besonders in trockenen Sommern unterdurchschnittlich ausfielen.

Auch die Waldwirtschaft in der Schweiz ist von Trockenheit betroffen. In den vergangenen Jahren sind die Waldschäden in allen Regionen deutlich angestiegen. Dadurch reduziert sich nicht nur das Holznutzungspotenzial, sondern auch die Erbringung wichtiger anderer Waldleistungen, z. B. der Schutz vor Naturgefahren. Dies kann weitreichende Konsequenzen für den Schutz von Menschen, Siedlungen, Verkehrs- und anderen Infrastrukturen vor Naturgefahren haben. Schliesslich wird der Wald durch Trockenheitsperioden auch in seiner Funktion als Erholungsraum und für Freizeitaktivitäten eingeschränkt. So kann es zeitlich begrenzt zu Sperrungen von Wäldern kommen, und es fallen höhere Kosten für die Sicherheitsmassnahmen an, um Erholungssuchenden einen sicheren Zugang zum Wald zu ermöglichen.

Exposition und Vulnerabilität

Die Landwirtschaft trägt heute weniger als 1 Prozent zur Bruttowertschöpfung der Schweiz bei.²⁶ Bezogen auf die Bodennutzung ist sie aber sehr relevant: 35 Prozent der Landesfläche sind landwirtschaftliche Flächen.²⁷ Die Risiken der Sommertrockenheit fallen je nach angebautem Produkt unterschiedlich aus. In den vergangenen Jahren waren die Risiken in der Kartoffelproduktion schon weitverbreitet. Auch in der Weizenproduktion und der Rindvieh- und Milchwirtschaft wurden vielerorts deutliche Einbussen während trockener Jahre verzeichnet.³⁹ Damit sind Produkte von Sommertrockenheit betroffen, die traditionell wichtige Bestandteile der Schweizer Ernährung sind und einen substanziellen Teil der landwirtschaftlichen Produktion in der Schweiz ausmachen.³⁹ Rund 5 Prozent der landwirtschaftlichen Nutzfläche wird heute bewässert, besonders hoch sind die Anteile an bewässerten Flächen in der Produktion von Gemüse und Obst.⁴⁰ In den vergangenen trockenen Sommern musste die Entnahme von Wasser aus Oberflächengewässern für die landwirtschaftliche Bewässerung in weiten Teilen der Schweiz eingeschränkt werden.³⁵

Bis 2060 werden die Erträge verschiedener Kulturen zunehmend von Trockenheit beeinträchtigt und der Anbau von trockenheitsresistenten Kulturen deswegen immer wichtiger. Aus wirtschaftlicher Sicht wird sich die Bewässerung nur bei wertschöpfungsstarken Kulturen wie Gemüse, Kartoffeln, Obst, Beeren und Reben lohnen.⁴¹ Für andere Kulturen gilt, dass die Wasserspeicherkapazität humusreicher Böden grösser ist als humusarmer und verdichteter Böden. Für die Anpassung an den Klimawandel ist eine entsprechende Bewirtschaftung deswegen von grosser Bedeutung.



Besonders betroffene Bevölkerungsgruppen durch die zunehmende Sommertrockenheit

Für die Schweiz gibt es keine vertieften Studien, welche die Betroffenheit von bestimmten Bevölkerungsgruppen von zunehmender Sommertrockenheit analysieren. Zudem sind die Risiken der verschiedenen Auswirkungen der Trockenheit sehr unterschiedlich. Es ist davon auszugehen, dass insbesondere Berufsgruppen mit Bezug zur Landwirtschaft in Gebieten mit wenig Bewässerungspotenzial betroffen sind. Dies gilt auch für Betriebe, die stark von (nicht standortangepassten) Kulturen abhängig sind, für die sich Bewässerung wirtschaftlich nicht lohnt, oder für Betriebe mit eingeschränkten Möglichkeiten zur Anbaudiversifizierung. Diese könnten durch die zunehmenden Ertragseinbussen im Verlauf von mehreren Jahren zunehmend unter finanziellen Druck geraten. Sofern die zunehmende Sommertrockenheit zu steigenden Lebensmittelpreisen führt, würde dies vor allem einkommensschwache Bevölkerungsgruppen betreffen. Sie geben rund 13 Prozent des verfügbaren Budgets für Lebensmittel aus.⁴⁶ Personenschäden durch Waldbrände sind in der Schweiz bisher sehr selten. Aufgrund der zunehmenden Waldbrandgefahr muss zukünftig aber sichergestellt werden, dass Frühwarnmeldungen auch Menschen mit eingeschränkten Sprach- und Lesekenntnissen sowie fehlenden Kenntnissen der örtlichen Gegebenheiten, beispielsweise Migrantinnen und Touristen, erreichen.

Auch die Waldwirtschaft trägt heute weniger als 1 Prozent zur Bruttowertschöpfung der Schweiz bei,²⁶ Wälder und Gehölze machen aber 32 Prozent der Fläche der Schweiz aus.²⁷ Neben der Holznutzung erbringen die Wälder aber auch wichtige Schutz- und Erholungsleistungen. So schützt gesamthaft rund die Hälfte des Schweizer Waldes Menschen, Siedlungen und Infrastrukturen.⁴² An gewissen Standorten dürfte sich die Schutzwirkung reduzieren, weil die heute vorkommenden Baumarten aufgrund der veränderten Standortverhältnisse keine geeigneten Bedingungen mehr vorfinden werden. In Bezug auf die Holznutzung ist nach wie vor die Fichte von übergeordneter Bedeutung, welche allerdings empfindlich auf Trockenheit reagiert und entsprechend vulnerabel gegenüber den klimatischen Veränderungen ist. Auf rund 38 Prozent der zugänglichen Waldfläche ist die Fichte die vorherrschende Baumart, und von allen Baumarten hat die Fichte mit 44 Prozent den höchsten Anteil am Gesamtholzvolumen.³¹

Langfristig werden in der Schweiz besser an Trockenheit angepasste Bäume nachwachsen, allerdings erfolgt die Anpassung der Waldwirtschaft im Vergleich zur Landwirtschaft weniger schnell, weil der Wald Zeit braucht, um eine Baumgeneration zu erneuern. Es wird erwartet, dass es mit dem Klimawandel zu einem Rückgang von wirtschaftlich wertvollen Arten, vermindertem Wachstum und Einkommensverlusten für die Waldbesitzer kommt.³² Auch die Holzindustrie ist betroffen, deren Maschinen auf die heutige Baumartenzusammensetzung und insbesondere die Fichte ausgerichtet sind.³²

Klimarisiken

Verschiedene landwirtschaftliche Kulturen sind schon heute regelmässig von Trockenheit in den Sommermonaten betroffen, und auch in der Waldwirtschaft wurden in den letzten Jahren vermehrt Schäden verzeichnet. Die zunehmende Sommertrockenheit wird sich bis 2060 je nach angebauter Kultur unterschiedlich auf die Landwirtschaft auswirken. Bewässerung kann nur bei wertschöpfungsstarken Kulturen und entsprechender Wasserverfügbarkeit erfolgen. In der Waldwirtschaft kann die Baumartenzusammensetzung nur über mehrere Jahrzehnte an die zunehmende Sommertrockenheit angepasst werden. Mittelfristig können dadurch wichtige Waldleistungen wie deren Schutzwirkung für Menschen, Siedlungen, Verkehrs- und andere Infrastrukturen

beeinträchtigt werden. Insgesamt werden die Einbussen durch die zunehmende Sommertrockenheit sowohl in der Landwirtschaft als auch in der Waldwirtschaft als grosse Klimarisiken bewertet.

2.2.2 Erhöhte Waldbrandgefahr

Bei anhaltender Trockenheit wird die Feuchtigkeit der Vegetation und des Bodens reduziert, wodurch die Waldbrandgefahr stark ansteigt. Trockenes und windiges Wetter begünstigt die Ausbreitung von Waldbränden. Neben den unmittelbaren Schäden durch den Verlust von Bäumen und Tieren sowie den Kosten für Löscharbeiten und Wiederaufforstung werden durch Waldbrände auch Waldleistungen, namentlich die Schutzfunktion, die Kohlenstoffspeicherung oder der Erholungsraum, längerfristig beeinträchtigt. Hohe indirekte Kosten fallen insbesondere an, wenn



Waldbrände sind eines der Risiken des Klimawandels.
Im Bild: Waldbrand in Bitsch (VS) im Juli 2023.
Foto: Jean-Christophe Bott / Keystone

Waldbrand bei Bitsch im Juli 2023

Bei einem der grössten Waldbrände in der Schweiz der letzten Jahre verbrannten im Juli 2023 oberhalb von Brig im Kanton Wallis rund 50 000 Bäume auf 130 Hektaren. Heftige Winde und ausgeprägte Trockenheit erschwerten die Löscharbeiten. Es wird davon ausgegangen, dass es mindestens 100 Jahre dauern wird, bis sich der Wald vom Brand erholt hat. Weil auch die Schutzwirkung des Waldes beeinträchtigt ist, muss die Gefährdung durch Massenbewegungen nun neu evaluiert werden.⁴⁹

Schutzwälder oberhalb von Siedlungen, Verkehrs- und anderen Infrastrukturen beschädigt werden. Heute treten Waldbrände vor allem auf der Alpensüdseite auf, also im Tessin und in den Bündner Südtälern. Zudem kommt es auch in inneralpinen Tälern zu grösseren Bränden, insbesondere im Wallis. In den letzten Jahren waren auch auf der Alpennordseite mehr, allerdings kleine Waldbrände zu verzeichnen. In rund 90 Prozent der Fälle werden die Waldbrände durch menschliches Zutun ausgelöst.⁴⁷

Exposition und Vulnerabilität

Wälder bedecken knapp einen Drittel der Landesfläche der Schweiz.²⁷ In den letzten Jahrzehnten hat die Waldfläche in der Schweiz zugenommen, allerdings vor allem oberhalb von 1000 Meter über Meer, wo die Bewirtschaftung von Alpweiden aufgegeben wurde.⁴⁸ Neben den meteorologischen Faktoren hängt die Waldbrandgefahr auch von der Verfügbarkeit von brennbarem Material ab. Besonders grosse Waldbrände treten an steilen Hängen auf, wo die Bekämpfung schwieriger ist und Kamineffekte die Ausbreitung der Brände begünstigen. Besonders problematisch sind Waldbrände, wenn Schutzwälder betroffen sind und dadurch deren Leistungen für den Schutz von Siedlungen, Verkehrs- und anderen Infrastrukturen längerfristig beeinträchtigt werden. Seit einigen Jahren wird in der Schweiz zunehmend in Waldbrandkonzepte und Sensibilisierungsmassnahmen investiert. In Gebieten, die früher weniger von Waldbränden betroffen waren, fehlt die Erfahrung im Umgang mit der Waldbrandgefahr.

Durch die Bevölkerungszunahme werden die Wälder bis 2060 intensiver genutzt. Dadurch ist anzunehmen, dass ohne geeignete Sensibilisierungsmassnahmen mehr Waldbrände durch fahrlässiges Handeln ausgelöst werden. Dieser Effekt wird zudem verstärkt, wenn wegen der zunehmenden Sommertrockenheit die Waldbrandgefahr vermehrt auch nördlich der Alpen ansteigt. Die Brandanfälligkeit der Wälder steigt schliesslich auch an, weil sich in den Wäldern vermehrt brennbares Totholz ansammeln wird (siehe Kapitel 2.2.1).³⁶

Klimarisiken

Durch die klimatischen Veränderungen im Zusammenhang mit der Sommertrockenheit steigt die Waldbrandgefahr in den kommenden Jahrzehnten kontinuierlich an. Insbesondere wenn Waldbrände in Schutzwäldern auftreten,

können hohe indirekte Kosten entstehen. Im Vergleich zu anderen Veränderungen im Zusammenhang mit dem Klimawandel werden Waldbrände aber auch in Zukunft vor allem lokal eine bedeutende Gefährdung darstellen. Insgesamt werden die Schäden durch Waldbrände aufgrund der zunehmenden Sommertrockenheit als mittlere Klimarisiken bewertet.

2.2.3 Tiefe Wasserstände

Lang anhaltende Trockenperioden führen zu tiefen Wasserständen in Oberflächengewässern und im Grundwasser. Kleinere Fließgewässer können sogar komplett trockenfallen. Tiefe Wasserstände tangieren verschiedene Sektoren, namentlich die Stromproduktion, die Versorgung mit Gütern, welche über den Rhein transportiert werden, sowie die Trinkwasserversorgung. In der Stromproduktion sind insbesondere die Laufwasserkraftwerke betroffen. Zudem kann Sommertrockenheit dazu führen, dass die Speicherseen im Herbst zu wenig gefüllt sind und damit keine ausreichende Reserve für die Stromproduktion mit Speicherkraftwerken im Winter zur Verfügung steht. Regional begrenzt können auch die öffentliche Wasserversorgung und damit die Trinkwasserversorgung der Bevölkerung beeinträchtigt werden. Besonders das Dargebot von Grundwasservorkommen, welche von Fließgewässern gespeist werden, kann nach lang anhaltender Trockenheit zunehmend reduziert werden. Auch ist die Wasserqualität in Fließgewässern während Trockenperioden eingeschränkt, weil Schadstoffe nur unzureichend verdünnt werden (siehe auch Kapitel 2.5). Dies wirkt sich auch auf die Grundwasservorkommen nahe den Fließgewässern aus. Versorgungsengpässe konnten bisher in der Schweiz über die Netzwerke in der Wasserversorgung ausgeglichen werden. Andere Massnahmen wie Notwasserversorgungen und die Schliessung von öffentlichen Schwimmbädern waren nur vereinzelt nötig.³⁵

Neben den Auswirkungen innerhalb der Schweiz bergen die reduzierten Abflüsse in den grossen Flüssen auch Risiken für Wassernutzungen in anderen europäischen Ländern. Entsprechend steigt auch der Druck auf die Schweiz, die Interessen jener Länder im Umgang mit der zunehmenden Sommertrockenheit ebenfalls zu berücksichtigen. Und schliesslich beeinflussen tiefe Wasserstände auch die

Gewässerökologie (siehe Kapitel 2.5.1) und die Wassernutzung für die Bewässerung in der Landwirtschaft (siehe Kapitel 2.2.1).

Exposition und Vulnerabilität

Die Wasserkraft machte im Jahr 2023 ungefähr 65 Prozent des Stromproduktionsmixes der Schweiz aus.⁵⁰ Entsprechend wichtig ist sie für die Stromversorgung. Heute produziert die Schweiz im Sommer aber mehr Strom, als sie benötigt.⁵¹ Die Vulnerabilität der Stromversorgung gegenüber einer trockenheitsbedingten Reduktion der verfügbaren Wassermengen in den Sommermonaten ist deswegen gering. Laufwasserkraftwerke können bei tiefen Abflüssen während des Sommers zwar nur eingeschränkt betrieben werden,³⁴ es steht aber genügend Strom aus anderen Quellen zur Verfügung. Gemäss der Basisvariante der Energieperspektiven 2050+ des Bundesamtes für Energie (BFE) wird auch zukünftig gut die Hälfte der inländischen Stromproduktion aus Wasserkraft stammen. Gut ein Drittel der inländischen Stromproduktion wird zukünftig aus Solarenergie produziert, andere Energieträger werden in der Schweiz eine kleinere Rolle spielen.²² Die Solarenergie funktioniert wasserunabhängig und wird insbesondere während trockener Schönwetterperioden im Sommer viel Strom produzieren. Dadurch lassen sich Verluste bei der Wasserkraft im Sommer mehr als ausgleichen. Allerdings könnten sich in den kommenden Jahrzehnten die Nutzungsansprüche an das Wasser aus den Speicherseen in den Sommermonaten akzentuieren. So könnte im Falle einer ausgeprägten Trockenheit das Wasser aus den Stauseen vermehrt für andere Zwecke wie beispielsweise zur landwirtschaftlichen Bewässerung oder als Löschwasser eingesetzt werden. Dadurch wird die Winterstromreserve beeinträchtigt, sodass die Vulnerabilität der Schweizer Stromversorgung im Winter steigt.

Über die Rheinhäfen werden heute rund 10 Prozent aller schweizerischen Importe und Exporte abgewickelt und jährlich etwa 8 Millionen Tonnen Güter und 125 000 Container umgeschlagen.⁵² Die Bedeutung der Rheinschifffahrt hat über die vergangenen Jahrzehnte aber deutlich abgenommen. Heute werden vor allem Rohöl und Ölerzeugnisse sowie andere schwer auf die Strasse und Schiene zu verlagernde Güter über den Rhein transportiert.⁵³ Als Reaktion auf Einschränkungen der Rheinschifffahrt während Trockenperioden in den

letzten Jahren werden derzeit die Fahrrinnen an kritischen Stellen ausgebaggert, sodass die Einschränkungen erst bei tieferen Wasserständen auftreten. Die Rheinschifffahrt wird für den Gütertransport auch in Zukunft eine wichtige Rolle für die Import- und Exporttätigkeiten von Schweizer Unternehmen von schwer auf die Strasse und Schiene zu verlagernden Gütern spielen. Infolge der langen Lebensdauer der Schiffe kann die Anpassung durch Verwendung von Schiffen mit geringerem Tiefgang nur langsam erfolgen. Entsprechend vulnerabel gegenüber ausgeprägten Niedrigwasserperioden bleiben wirtschaftliche Aktivitäten, die auch zukünftig von über den Rhein transportierten Gütern abhängig sind. Heute sind dies neben Rohöl und Ölerzeugnissen vor allem Agrarprodukte, Baustoffe, Metalle und Maschinen.⁵³

Für die öffentliche Wasserversorgung wird in der Schweiz vor allem Grundwasser genutzt. Rund 80 Prozent werden aus Grundwasser gewonnen (inkl. Quellwasser), die restlichen 20 Prozent aus Seen.³⁴ Das Dargebot dieser Wasserressourcen unterliegt grundsätzlich weniger den jahreszeitlichen Schwankungen als jenes der Fliessgewässer. Dementsprechend sind die Wasserversorgungen im Vergleich zu anderen Wassernutzungen weniger vulnerabel gegenüber den erwarteten saisonalen Schwankungen durch den Klimawandel. Allerdings werden heute die in der Gewässerschutzverordnung (GSchV) festgelegten Grenzwerte für Nitrat an gut 15 bis 20 Prozent aller Messstellen der nationalen Grundwasserbeobachtung (NAQUA) überschritten, und auch Rückstände von Pflanzenschutzmitteln sind weitverbreitet.⁵⁴ Wo die Belastungen zu hoch sind, müssen Wasserversorgungen auf Grundwasserfassungen nahe von Fliessgewässern zurückgreifen, wo potenziell belastetes Grundwasser durch infiltrierendes Flusswasser verdünnt wird. Genau diese Fassungen unterliegen aber den stärksten Schwankungen durch die klimatischen Veränderungen. Für die kommenden Jahrzehnte werden neben den klimatischen Veränderungen auch die Nutzungskonflikte zunehmen. Es ist allerdings davon auszugehen, dass die Trinkwasserversorgung gegenüber anderen Nutzungen (u. a. Kühlwassernutzungen, Bewässerung) priorisiert wird und die Vernetzung benachbarter Wasserversorgungen weiter vorangetrieben wird. Zudem gehen die derzeitigen Prognosen zum zukünftigen Wasserverbrauch von einer konstanten Nachfrage in der öffentlichen Wasserversorgung aus.⁵⁵ Das Risiko von Versorgungsengpässen lässt

sich durch geeignete Massnahmen weitgehend verhindern, wobei regionalen Wasserversorgungsplanungen eine zentrale Rolle zukommt.³⁴

Klimarisiken

Schon heute sind Niedrigwasserperioden ein Risiko für verschiedene Wassernutzungen. Für die Stromversorgung im Sommer stellt die zunehmende Sommertrockenheit zwar kein unmittelbares Risiko dar. Tiefe Wasserstände in Speicherseen aufgrund ausgeprägter Trockenheitsperioden und veränderter Nutzungsansprüche können sich aber negativ auf die Winterstromreserve und damit auf die Stromproduktion im Winter auswirken. Risiken für die Rheinschifffahrt sind zwar auch zukünftig noch relevant, müssen aber im Kontext einer seit Jahrzehnten abnehmenden Bedeutung des Gütertransports über den Rhein betrachtet werden. Und schliesslich sollte in der Schweiz auch zukünftig genügend Grundwasser für die öffentlichen Wasserversorgungen zur Verfügung stehen, besonders die stark von infiltriertem Flusswasser abhängigen Wasserressourcen können aber temporär knapp werden. Insgesamt werden die tiefen Wasserstände für die Stromproduktion, die Rheinschifffahrt und die öffentlichen Wasserversorgungen aufgrund zunehmender Sommertrockenheit als mittlere Klimarisiken bewertet.



Ein Frachtschiff beim Container-Terminal auf dem Rhein in Basel (BS). Fällt der Pegel des Rheins unter eine kritische Marke, können die Schiffe nicht mehr voll beladen werden.
Foto: Georgios Kefalas / Keystone (22.7.2022)

Energieversorgung im Jahr 2022

Der Sommer 2022 war in der Schweiz von aussergewöhnlicher Trockenheit geprägt. In 13 Kantonen führte Niedrigwasser zwischen Juni und August zu Betriebsunterbrüchen von Wasserkraftwerken. Betroffen waren vor allem Laufkraftwerke, vereinzelt aber auch Speicherkraftwerke.⁴⁵ Gesamthaft produzierte die Schweizer Wasserkraft rund 15 Prozent weniger Elektrizität als im Vorjahr.³⁵ In Kombination mit einer Reihe weiterer Faktoren war deshalb die Stromversorgungssituation zu Beginn des Winters 2022/2023 angespannt. Neben der Stromproduktion war auch die Mineralölversorgung betroffen: Der tiefe Wasserstand im Rhein hatte Auswirkungen auf die Lademengen der Schiffe. Um eine ausreichende Mineralölversorgung sicherzustellen, wurden rund 20 Prozent des Mineralöls in den Schweizer Pflichtlagern freigegeben.³⁵



Brienz

*Der Gleisbereich beim Bahnhof Brienz am 13.8.2024 ist überschwemmt und mit Schutt und Schlamm bedeckt. Am Vorabend lösten heftige Gewitter einen Murgang aus.
Foto: Alessandro della Valle / Keystone*

2.3 Zunehmendes Gefahrenpotenzial

Als Alpenland ist die Schweiz seit jeher von Naturgefahren betroffen. Dementsprechend hat der Umgang mit diesen Gefährdungen hierzulande einen hohen Stellenwert. In den letzten Jahrzehnten hat das Schadenspotenzial stetig zugenommen. Mit dem Klimawandel werden sich die Risiken durch Naturgefahren weiter akzentuieren.

Abbildung 6

Übersicht über die Risiken und die prioritär betroffenen Sektoren durch das zunehmende Gefahrenpotenzial in der Schweiz



Die Schweiz ist seit jeher von Naturgefahren wie Hochwasser, Oberflächenabfluss, Murgängen, Rutschungen, Steinschlag, Hagel und Stürmen betroffen. Der Klimawandel beeinflusst eine Reihe von Faktoren, welche Naturgefahren begünstigen: So nehmen beispielsweise kurze, intensive Starkniederschläge zu.⁵⁶ In Kombination mit einer höheren Nullgradgrenze kann dies neben lokalen Überschwemmungen auch vermehrt zu grossräumigen Hochwassern und gravitativen Massenbewegungen führen. Vor allem in hochalpinen Gebieten kommt es durch das Abschmelzen der Gletscher und das allmähliche Auftauen des gefrorenen Untergrundes vermehrt zu Rutschungen und Steinschlag.³⁴ Die klimatischen Veränderungen überlagern sich zudem mit sozioökonomischen Entwicklungen wie dem Bevölkerungswachstum und der Ausdehnung des Siedlungsgebiets, die das Gefahrenpotenzial weiter erhöhen. Insgesamt ist daher bis 2060 mit einer weiteren Zunahme der Risiken von Personenschäden, Sachschäden und Betriebsunterbrüchen durch verschiedene Naturgefahren zu rechnen.

Mit dem integralen Risikomanagement⁵⁷ verfügt die Schweiz über ein Konzept, um auch unter sich ändernden Klimabedingungen den Schutz vor Naturgefahren zu gewährleisten. In den letzten Jahren wurden die Datengrundlagen

zum Klimawandel weiter verbessert und ein systematisches Vorgehen erarbeitet, damit die Auswirkungen des Klimawandels auf Naturgefahren systematisch abgeklärt, berücksichtigt und dokumentiert werden können.⁵⁸ Zudem wurden auch die Herausforderungen des Klimawandels in verschiedenen Rechtsgrundlagen für die Naturgefahrenprävention verankert, so zum Beispiel bei der Revision des Naturgefahrenrechts. Solche Massnahmen sind zentral, damit sich die Schweiz an die sich verändernde Gefahrensituation anpassen kann.

In diesem Kapitel werden die Klimarisiken in Bezug auf Hochwasser, Oberflächenabfluss, Murgänge, Rutschungen, Steinschlag, Hagel und Stürme erläutert (Abbildung 6). Auswirkungen des Klimawandels auf Lawinen werden in Kapitel 2.4 behandelt.

Klimasignal

In der Vergangenheit wechselten sich in der Schweiz hochwasserreiche und -arme Perioden immer wieder ab. Seit den 1970er-Jahren ist aber sowohl eine Häufung als auch eine Intensivierung von Hochwasserereignissen zu beobachten.³⁴ In den vergangenen 40 Jahren wurden in rund 80 Prozent der Schweizer Gemeinden Hochwasserschäden verzeichnet.⁵⁹ Besonders ausgeprägt

sind die Veränderungen bei einzelnen kurzen Starkniederschlägen, deren Intensität seit 1901 in der Schweiz um 12 Prozent zugenommen hat. Zudem treten solche Starkniederschläge rund 30 Prozent häufiger auf.⁵ Da Luft pro Grad Celsius Erwärmung etwa 6 bis 7 Prozent mehr Wasser aufnehmen kann, ist die gemessene Intensivierung der Starkniederschläge durch den Klimawandel physikalisch gut belegt.⁵ Weil gleichzeitig wegen der steigenden Temperaturen auch die Nullgradgrenze bereits um mehrere Hundert Meter angestiegen ist, verändern sich eine Reihe von Faktoren, die für das Entstehen von gravitativen Massenbewegungen massgebend sind. Insgesamt sind aber noch keine verlässlichen Aussagen darüber möglich, ob sich gravitative Massenbewegungen tatsächlich gehäuft haben.⁶⁰ Je nach Höhenlage werden unterschiedliche Tendenzen beobachtet: In tiefen Lagen vermindert eine Abnahme der Frostwechsellage Verwitterungsprozesse und damit die Verfügbarkeit von Lockermaterial, während intensivere Starkniederschläge und der Anstieg der Schneefallgrenze die Gefahr von Rutschungen, Steinschlägen und Murgängen erhöhen.³⁴ In höheren Lagen hingegen fördern die steigenden Temperaturen eine Zunahme der Verwitterungs- und Auftauprozesse und damit das Gefahrenpotenzial. Und in hochalpinen Gebieten beeinträchtigen abschmelzende Gletscher und auftauender Permafrost die Hangstabilität zusätzlich. Ebenfalls noch zu wenig klare Aussagen sind zu den Veränderungen der Häufigkeit und Intensität von Hagel und Stürmen aufgrund des Klimawandels möglich. Viele Erkenntnisse zu Hagelschäden basieren auf Daten ab dem Jahr 2002. Diese Zeitspanne ist zu kurz, um gesicherte Aussagen über eine bisherige Veränderung der Hagelhäufigkeit oder der Hagelkorngrosse durch den Klimawandel zu machen.⁶¹ Auch im Zusammenhang mit Stürmen können keine Veränderungen festgestellt werden, da grosse Ereignisse in der Schweiz selten sind und Tendenzen nur über längere Zeit hinweg erkennbar werden.

Bis 2060 wird aufgrund der steigenden Temperaturen mehr Niederschlag in Form von Regen anstatt Schnee fallen. Weil die puffernde Wirkung des Schnees fehlt, können intensive Niederschläge auch früher im Jahr das Risiko für Hochwasser begünstigen.³⁴ Besonders lang anhaltende Starkniederschläge sind allerdings von der atmosphärischen Zirkulation abhängig, zu deren zukünftigen Entwicklung noch keine gesicherten Aussagen gemacht

werden können.⁵ Es bleibt also unklar, ob die erwarteten klimatischen Veränderungen tatsächlich zu einer Häufung von seltenen grossräumigen Hochwassern führen.³⁴ Klarer ist die Situation bei kurzen und intensiven Starkniederschlägen, die künftig noch häufiger und noch intensiver auftreten werden.⁵ So dürften zur Mitte des Jahrhunderts die stärksten jährlichen Eintagesniederschläge um 10 Prozent intensiver sein als heute. Weil trockene Böden weniger Wasser aufnehmen können, begünstigt die erwartete Zunahme der Sommertrockenheit das Auftreten von Oberflächenabfluss und lokalen Hochwassern unmittelbar im Anschluss an Trockenperioden. Auch die Gefährdung durch gravitative Massenbewegungen in der Schweiz wird sich regional und saisonal verändern und lokal zunehmen. Besonders akzentuierte Veränderungen sind insbesondere im hochalpinen Raum zu erwarten. Neben der akuten Gefahr durch Rutschungen, Steinschläge und Murgänge nimmt auch die Geschiebefracht in alpinen Gewässern zu, was sich flussabwärts auf den Hochwasserschutz und die Speicherpotenziale von Stauseen auswirkt. Im Allgemeinen ist die fortlaufende Beobachtung der Veränderungen von Gefahrenprozessen zentral, weil durch den Klimawandel auch neue Naturgefahren und Ereignisketten relevant werden könnten, die in der Schweiz bisher noch kaum auftraten. Noch keine eindeutige Aussage lässt sich über die zukünftige Entwicklung von Hagel und Stürmen aufgrund des Klimawandels machen. Hagel ist ein sehr kleinskaliges Phänomen im Zusammenhang mit konvektiven Gewittern, dessen Entwicklung erst mit den neuesten Klimamodellen analysiert werden kann (wobei Ende 2025 erste Resultate aus einem Schweizer Forschungsprojekt vorliegen werden, siehe scClim⁶²). Bei grossen Stürmen hingegen spielt die atmosphärische Zirkulation eine wichtige Rolle, deren Veränderungen noch nicht eindeutig vorausgesagt werden können. Eine klimabedingte Zunahme von Häufigkeit und Intensität kann allerdings für beide Gefahrenprozesse nicht ausgeschlossen werden.

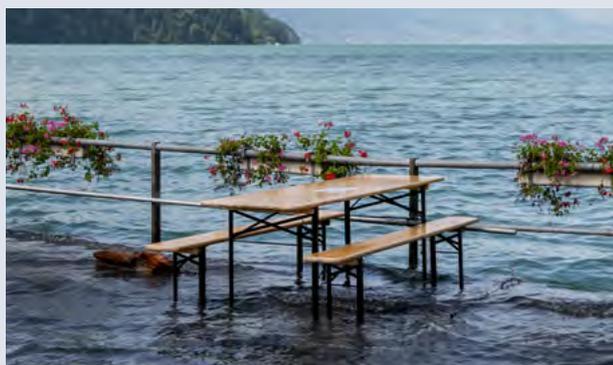
2.3.1 Grossräumige Hochwasser

Lang anhaltende Niederschläge, je nach Jahreszeit auch in Kombination mit Schneeschmelze, können in Fließgewässern und Seen zu Hochwasser führen. Dadurch kann es zu grossräumigen Überschwemmungen entlang der Gewässer kommen. Grossräumige Hochwasser kommen

zwar selten vor, verursachen aber immense Sachschäden und sind das teuerste klimatische Extremereignis in der Schweiz.⁶³ Neben Sachschäden an Gebäuden, anderen Infrastrukturen und Fahrzeugen sind auch Betriebsunterbrüche, also indirekte, gesamtwirtschaftliche Schäden durch Verkehrsunterbrüche oder Betriebsausfälle während oder nach Hochwasserereignissen relevant.

Exposition und Vulnerabilität

Eine Analyse des Schadenspotenzials von Hochwassern aus dem Jahr 2021 zeigt, dass sich rund 300 000 Gebäude mit einem Neuwert von 500 Milliarden Franken in hochwassergefährdeten Gebieten befinden. Damit sind rund 1,3 Millionen Menschen bzw. rund 1,1 Millionen Arbeitsplätze



Hochwasser am Vierwaldstättersee beim Schiffsanlegeplatz Brunnen (SZ) am 18. Juli 2021. Foto: Urs Flüeler / Keystone

Hochwasser im Juli 2021

Zwischen dem 12. und 15. Juli 2021 wurden fast in der ganzen Schweiz Niederschlagssummen von mehr als 100 mm verzeichnet. Gleichzeitig führten die Flüsse viel Schmelzwasser. Die Pegel in den Gewässern schwollen rasch an, und an zahlreichen Messstationen wurden neue Rekordstände verzeichnet. An verschiedenen Orten wurden Wege, Strassen und Campingplätze überflutet und Wasser drang in die Keller ein. Vorübergehend musste auch ein Teil der Autobahn A2 im Kanton Uri vorsorglich gesperrt werden. Obwohl die gemessenen Abflussspitzen an einigen Orten im Durchschnitt seltener als alle 100 Jahre auftreten, reichten die getroffenen Hochwasserschutzmassnahmen aus, um grössere Schäden zu verhindern.⁶⁵

von dieser Naturgefahr potenziell betroffen.⁵⁹ Todesopfer sind allerdings selten, auf die letzten 20 Jahre verteilt kommt es zu etwa einem Todesopfer pro Jahr.⁶⁴

Unabhängig vom Klimawandel haben sich die Risiken aufgrund sozioökonomischer Entwicklungen in den letzten Jahrzehnten verstärkt. So hat sich der Siedlungsraum ausgedehnt, und die wirtschaftliche Entwicklung brachte es mit sich, dass höhere Sachwerte in potenziell gefährdeten Gebieten vorhanden sind. Gleichzeitig ist der Hochwasserschutz in der Schweiz weit entwickelt, was wiederum die Exposition reduziert. So bilden etwa die Gefahrenkarten eine zentrale Grundlage für die Formulierung von Nutzungsbeschränkungen und Bauauflagen. Zudem wurde seit dem katastrophalen Hochwasserereignis von 2005 viel in den Hochwasserschutz investiert. Die Schweiz ist heute besser auf lang anhaltende Niederschlagsperioden vorbereitet als zuvor.

Klimarisiken

Grosse Hochwasserereignisse prägten in den letzten fünf Jahrzehnten die aufsummierten Schadenssummen aller Naturgefahren in der Schweiz.⁶³ Nach jetzigem Wissensstand kann nicht ausgeschlossen werden, dass sich solche Ereignisse durch den Klimawandel häufen. In den vergangenen Jahrzehnten wurde aber bereits viel in den Hochwasserschutz investiert, was das künftige Risiko mindert. Aufgrund des grossen Schadenspotenzials werden die Sachschäden und Betriebsunterbrüche durch grossräumige Hochwasser als grosse Klimarisiken bewertet.

2.3.2 Oberflächenabfluss und lokale Überschwemmungen

Bei kurzen und sehr intensiven Starkniederschlagsereignissen kann es zu Oberflächenabfluss und lokalen Hochwassern kommen, welche Strassen, Plätze und tiefer liegende Gebäudeinfrastrukturen überschwemmen. Weil der Gefahrenprozess stark von lokalen Gegebenheiten geprägt ist, können solche Ereignisse auch an Orten auftreten, die gemäss Gefahrenkarten für Hochwasser nicht gefährdet sind. Sachschäden durch Oberflächenabfluss und lokale Überschwemmungen werden deswegen oft unterschätzt: Schadenanalysen von Versicherungen zeigen, dass der Oberflächenabfluss bei Starkniederschlägen für bis zu 50 Prozent der Schäden

verantwortlich ist.⁶⁶ Weiter kann es auch in der Landwirtschaft zu Schäden kommen, wenn der Boden erodiert wird oder extreme Nässe die Pflanzen und den Einsatz von schweren Maschinen (aufgrund des Bodenverdichtungsrisikos) beeinträchtigen. Zudem kann es auch zu Betriebsunterbrüchen in betroffenen Unternehmen kommen, insbesondere wenn Wasser in Gebäude eindringt und diese längerfristig nicht genutzt werden können.

Exposition und Vulnerabilität

Für die zunehmenden Schäden durch Oberflächenabfluss und lokale Überschwemmungen sind neben den klimatischen Entwicklungen insbesondere die Versiegelung und Verdichtung von Siedlungsgebieten im Verlauf der letzten Jahrzehnte massgebend.³⁴ Oberflächenabfluss kann in der gesamten Schweiz auftreten, besonders stark exponiert sind aber dicht bebaute Siedlungsgebiete mit einem hohen Anteil an befestigten Flächen. Daten lassen darauf schliessen, dass heute ungefähr 62 Prozent der Gebäude in der Schweiz,



Der zerstörte Abschnitt der Autobahn A13 zwischen Lostallo und Soazza (GR). Foto: Samuel Golay / Keystone / Ti-Press

Starkniederschläge im Misox im Juni 2024

Am 21. Juni 2024 kam es auf der Alpensüdseite zu heftigen Gewittern mit intensiven Starkniederschlägen. Im am stärksten betroffenen Tal Misox fielen in kurzer Zeit Niederschlagsmengen von 60 bis 80 Millimeter, lokal sogar über 100 Millimeter.⁶⁸ Die Moesa im Misox trat über die Ufer und riss Teile der Nationalstrasse A13 mit sich. Die wichtige Verkehrsachse war im Anschluss zwei Wochen komplett geschlossen, die Gesamtanrierung dauerte mehrere Monate.⁶⁹

also rund 1,3 Millionen Gebäude mit einem Neuwert von 2300 Milliarden Franken, durch Oberflächenabfluss gefährdet sind. Damit sind schätzungsweise 6,7 Millionen Menschen bzw. rund 4,7 Millionen Arbeitsplätze von dieser Naturgefahr potenziell betroffen.⁶⁷ Todesfälle sind im Vergleich zu anderen Naturgefahren hingegen selten, gefährlich ist die Situation insbesondere in Untergeschossen, die in sehr kurzer Zeit überflutet werden.

Durch die Ausdehnung der Siedlungsfläche, die zunehmende Versiegelung von Böden und die Verdichtung bestehender Siedlungen wird sich das Schadenspotenzial in den nächsten Jahrzehnten weiter erhöhen. Analysen zeigen, dass viele Bauzonenreserven in der Schweiz in potenziell durch Oberflächenabfluss gefährdeten Gebieten liegen.⁶⁷ Betroffen sind weite Teile der Schweiz. Im Gegensatz zu grossräumigen Hochwassern besteht heute noch keine einheitliche und etablierte Praxis zum Schutz vor Oberflächenabflussereignissen. Durch die Gefährdungskarte Oberflächenabfluss besteht aber seit einigen Jahren eine wertvolle Grundlage zur Umsetzung von Massnahmen im Umgang mit sehr intensiven Niederschlagsereignissen.

Klimarisiken

Das Schadenspotenzial durch Oberflächenabfluss und lokale Überschwemmungen wird oft unterschätzt. Insbesondere dicht bebaute Siedlungsgebiete verfügen vielerorts nicht über die nötigen Entwässerungs- und Versickerungskapazitäten. Wegen des Klimawandels werden kurze und intensive Starkniederschläge künftig häufiger und noch intensiver ausfallen. Zudem wird sich das Schadenspotenzial durch die wirtschaftliche Entwicklung weiter erhöhen. Insgesamt werden die Sachschäden und Betriebsunterbrüche durch Oberflächenabfluss und lokale Überschwemmungen als sehr grosse Klimarisiken bewertet.

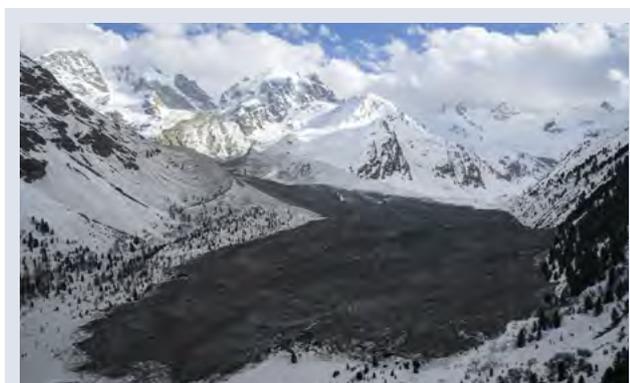
2.3.3 Gravitative Massenbewegungen

Unter gravitativen Massenbewegungen werden Gefahrenprozesse wie Rutschungen, Steinschläge und Murgänge verstanden. Entscheidende Faktoren für diese Gefährdungen durch Gestein und Geröll sind zum einen Starkniederschläge (vor allem bei Hangmuren, einer speziellen Erscheinungsform von Rutschungen⁷⁰), zum anderen die Verfügbarkeit von Lockermaterial. Dabei können durch

den Klimawandel auch bisher im Kontext der Schweiz sehr seltene Naturgefahren oder Prozessketten, wo ein Ereignis ein nächstes auslöst, häufiger auftreten.⁷¹ Massenbewegungen können Sachschäden an Siedlungen, Verkehrs- und anderen Infrastrukturen verursachen. Zudem fallen erhöhte Unterhaltskosten in Fließgewässern und Stauseen an, weil eingeschwemmtes Lockermaterial entfernt werden muss. Auch ohne unmittelbare Schäden können durch Massenbewegungen Betriebsunterbrüche hohe Kosten verursachen, beispielsweise durch Sperrungen von Verkehrsachsen oder Betriebseinschränkungen in besonders gefährdeten Gebieten. Schliesslich gibt es im Vergleich zu anderen Naturgefahren überdurchschnittlich hohe Personenschäden und Todesopfer.⁶⁴

Exposition und Vulnerabilität

Heute leben rund 7 Prozent der Bevölkerung in Gebieten, welche potenziell von gravitativen Massenbewegungen



Einer der grössten Bergstürze der letzten Jahre: Piz Scerscen im Rosegtal (GR). Foto: Gian Ehrenzeller / Keystone

Bergsturz am Piz Scerscen im April 2024

Bei einem der grössten Bergstürze der letzten Jahre lösten sich am 14. April 2024 am Piz Scerscen in der Berninagruppe mehrere Millionen Kubikmeter Fels und Eis. Die Gesteins- und Eismassen lagerten sich über eine Distanz von über 5 km im Rosegtal ab. Dabei wurden auch Wanderwege und Skirouten verschüttet. Glücklicherweise sind keine Menschen zu Schaden gekommen. Zahlreiche Faktoren beeinflussen ein solches Ereignis, wobei auch der aufgrund des Klimawandels auftauende Permafrost eine wichtige Rolle spielen kann.⁷³

betroffen sind.⁷² Damit sind Massenbewegungen im Vergleich zu anderen Naturgefahren vor allem lokal eine Gefährdung. Besonders exponiert sind Menschen, Siedlungen, Verkehrs- und andere Infrastrukturen im voralpinen und alpinen Raum. Gesamthaft betrachtet ist der Umgang mit der Gefährdung durch Massenbewegungen in der Schweiz aber weit entwickelt. Gefahrenkarten bilden etwa eine zentrale Grundlage für Nutzungsbeschränkungen. Trotzdem beliefen sich die Personenschäden durch Massenbewegungen (ohne die Ereignisse im Sommer 2024 eingerechnet) in den letzten 20 Jahren auf rund zwei Todesopfer pro Jahr.⁶⁴

Mit der intensiveren Nutzung der Berggebiete, beispielsweise für Freizeitaktivitäten oder die Stromproduktion, wird die Exposition gegenüber Gefährdungen durch gravitative Massenbewegungen in den nächsten Jahrzehnten ansteigen. Aufgrund der enormen Kräfte, welche Massenbewegungen freisetzen können, sind Schutzbauten technisch anspruchsvoll und entsprechend teuer. Zudem wird die Funktion der Schutzwälder durch klimatische Veränderungen beeinträchtigt (siehe Kapitel 2.2), wodurch künftig nicht nur in den Berggebieten von einer zunehmenden Vulnerabilität gegenüber Massenbewegungen ausgegangen werden muss.

Klimarisiken

Gravitative Massenbewegungen sind heute und in Zukunft eine relevante Gefährdung für Menschen, Siedlungen, Verkehrs- und andere Infrastrukturen. Durch den Klimawandel wird sich die Gefährdung verändern und lokal akzentuieren. Insbesondere im alpinen Raum gehören gravitative Massenbewegungen deswegen zu den relevantesten Risiken des Klimawandels, weil die Hangstabilität abnimmt und der Raum intensiver genutzt wird. Die Veränderungen werden aber im Vergleich zu anderen Risiken nur lokal auftreten. Insgesamt werden die Personenschäden und Sachschäden durch gravitative Massenbewegungen als mittlere Klimarisiken bewertet. Betriebsunterbrüche werden dagegen als grosse Klimarisiken eingestuft, weil diese auch ohne unmittelbare Schäden längerfristig andauern können.

2.3.4 Hagel und Stürme

Hagel- und Sturmereignisse verursachen Sachschäden an Gebäuden, vor allem an deren Hülle, Storen oder an Solaranlagen, aber auch an Fahrzeugen, Gewächshäusern und landwirtschaftlichen Kulturen. Bei Stürmen kann es zudem zu grossflächigen Waldschäden kommen. Neben direkten Sachschäden können Hagel und Stürme auch längere Betriebsunterbrüche zur Folge haben, insbesondere wenn bei beschädigter Gebäudehülle Wasser ins Gebäude eindringt und dessen Nutzung längerfristig eingeschränkt wird. Schäden durch Hagel und Stürme sind besonders gross, wenn grössere Siedlungsräume betroffen sind. Bei Stürmen kann es durch umstürzende Bäume oder Leitungsmasten oder auch durch fliegende Gegenstände zudem zu Personenschäden kommen. Gemittelt über die letzten 20 Jahre verursachten Stürme ungefähr ein Todesopfer pro Jahr.⁶⁴

Exposition und Vulnerabilität

Während einzelne Hagelzüge vor allem kleinräumig im Mittelland, im Jura, in den Voralpen und in der Südschweiz vorkommen, kann ein einzelnes grosses Sturmereignis weite Teile der Schweiz betreffen. In den vergangenen Jahrzehnten wurden vermehrt Gebäude mit Flachdächern und ohne Vordach gebaut sowie teure Infrastrukturen wie PV-Anlagen und Sonnenstoren installiert. Die Vulnerabilität gegenüber Hagel und Sturm hat damit zugenommen.

Unabhängig vom Klimawandel dürften sich die Risiken durch Hagel und Stürme in den kommenden Jahrzehnten weiter akzentuieren. Wegen des erwarteten Wirtschaftswachstums und der Ausdehnung und Verdichtung des Siedlungsgebiets steigt die Exposition. Durch die Versicherung von Gebäuden und landwirtschaftlicher Produktion bei Hagel- und Sturmschäden besteht aber eine etablierte Praxis, um mit diesen Naturgefahren auch in Zukunft umzugehen. Zudem sind bereits heute robustere PV-Anlagen und Gebäudehüllen am Markt verfügbar.

Klimarisiken

Hagel und Stürme können weite Teile der Schweiz betreffen und verursachen heute entsprechend hohe Schäden. Noch können keine gesicherten Aussagen zu den Veränderungen dieser Prozesse infolge des Klimawandels gemacht werden. Das Schadenspotenzial ist bei Betroffenheit von dicht bebauten Gebieten mit hohen Sachwerten allerdings sehr gross. Insgesamt werden Sachschäden und Betriebsunterbrüche durch Hagel und Sturm als grosse Klimarisiken bewertet.



Ein Hagelsturm verursachte am 28. Juni 2021 in Wolhusen (LU) grosse Schäden. Foto: Urs Flüeler / Keystone

Schwere Unwetter im Sommer 2021

Der Sommer 2021 war geprägt von vielen aufeinanderfolgenden Gewitterfronten. Neben starken Niederschlägen und starken Windböen gab es in weiten Teilen des Mittellands und insbesondere im Kanton Bern verheerenden Hagel.⁷⁴ Laut dem Schweizerischen Versicherungsverband fielen im Jahr 2021 Schäden von über 2 Milliarden Franken an. Es war damit eines der teuersten Hagelschadensjahre aller Zeiten. Bei den Gebäudeversicherungen sind rund zwei Drittel aller Schäden auf Hagel zurückzuführen.⁷⁵



Besonders betroffene Bevölkerungsgruppen

Für die Schweiz gibt es keine vertieften Studien, welche die Betroffenheit von bestimmten Bevölkerungsgruppen gegenüber Naturgefahren wie Hochwasser, Oberflächenabfluss, Massenbewegungen, Hagel und Stürmen analysieren. Durch das in der Schweiz flächendeckend gut etablierte integrale Risikomanagement, das unter anderem mit Gefahrenkartierung, Frühwarnsystemen, Organisationsmassnahmen und hohen Gebäudestandards einhergeht, wird nicht von einer besonderen Gefährdung von sozioökonomisch benachteiligten Personen ausgegangen, wie dies zum Teil in anderen Ländern der Fall ist. Dennoch gibt es Hinweise aus europäischen Ländern, dass Kinder, ältere Menschen und Menschen mit eingeschränkter Mobilität oder Behinderungen stärker betroffen sind, da sie im Ereignisfall weniger schnell reagieren können. So wurde beispielsweise nach den Überschwemmungen in Deutschland im Jahr 2021 Kritik laut, dass Menschen mit Behinderungen beim Katastrophenschutz zu wenig berücksichtigt würden. Zudem wird von einer erhöhten Vulnerabilität von Menschen mit eingeschränkten Sprach- und Lesekenntnissen ausgegangen, weil diese weniger effizient auf Frühwarnmeldungen reagieren können.¹⁷ Dasselbe gilt für Personen ohne Kenntnisse der örtlichen Gegebenheiten und Naturgefahren, beispielsweise Touristen oder Migrantinnen. Schliesslich sind die Auswirkungen des Klimawandels in Bezug auf Massenbewegungen in der Schweiz räumlich ungleich verteilt: Die Abnahme der Hangstabilität wird sich vor allem auf den Alpenraum auswirken.



Strandkörbe stehen im milden, sonnigen und schneearmen Bergwinter 2016/2017 im Skigebiet Melchsee-Frutt im Kanton Obwalden.
Foto: Urs Flüeler / Keystone (21.12.2016)

2.4 Zunehmende Durchschnittstemperaturen

Der Klimawandel verändert nicht nur die Höchsttemperaturen, sondern auch die durchschnittlichen Temperaturen in allen Jahreszeiten. Der Wintertourismus in den Berggebieten ist dadurch zunehmend von Schneemangel betroffen. Für einzelne Bereiche wie den Ganzjahrestourismus und die Stromproduktion im Winter ergeben sich punktuell auch klimabedingte Opportunitäten.

Abbildung 7

Übersicht über die Risiken (•) und Opportunitäten (☆) und die prioritär betroffenen Sektoren durch die zunehmenden Durchschnittstemperaturen in der Schweiz



Die mittlere Temperatur in der Schweiz ist gegenüber der vorindustriellen Zeit von 1871 bis 1900 bereits um fast 3 Grad Celsius gestiegen.⁷⁶ Diese Entwicklung betrifft alle Jahreszeiten. Im Winter steigt die Schneefallgrenze, wodurch vielerorts immer seltener Schnee liegt und sich die Abflussregime der Fließgewässer verändern. Im Frühling und Herbst verlängert sich die Vegetationsperiode und die Sommer werden generell wärmer. Durch all diese Veränderungen ändern sich die Bedingungen beispielsweise für Sektoren wie den Tourismus, die Landwirtschaft, den Energiesektor, den Verkehr sowie den Unterhalt von Infrastrukturen. Es können sich dadurch Risiken, aber auch Opportunitäten ergeben (Abbildung 7).

Die Durchschnittstemperaturen sind auch massgebend für eine Reihe von Risiken im Zusammenhang mit Naturgefahren sowie Veränderungen von Lebensräumen und der Artenzusammensetzung (was auch Krankheitsvektoren und Schadorganismen betrifft). Auf diese Veränderungen wird in Kapitel 2.3 respektive Kapitel 2.5 vertieft

eingegangen, weil neben den Temperaturen eine Reihe weiterer klimatischer Faktoren einen Einfluss haben.

Klimasignal

Die mittleren Temperaturen in der Schweiz sind seit den 1960er-Jahren in jedem Jahrzehnt höher als im vorherigen.⁷⁶ Die Jahre 2022 und 2023 waren mit Abweichungen von 3,5 bzw. 3,4 Grad Celsius gegenüber dem vorindustriellen Durchschnitt von 1871 bis 1900 die beiden wärmsten Jahre in der Schweiz in den letzten 160 Jahren.⁷⁶ Die acht wärmsten Jahre wurden alle nach 2010 gemessen.⁷⁶ Seit 1961 hat sich auch die Vegetationsperiode um 2 bis 4 Wochen verlängert, und es wurden bis zu 60 Prozent weniger Frosttage verzeichnet.⁷⁶ Die jährlichen Heizgradtage haben in den letzten Jahrzehnten deutlich abgenommen.⁷⁷ Dieser Indikator für den Heizenergiebedarf zeigt, um wie viele Grad Celsius während eines Jahres geheizt werden muss, um eine mittlere Raumtemperatur von 20 Grad Celsius zu erreichen.⁷⁸ Die Werte schwanken von Jahr zu Jahr stark. In den ausserordentlich milden Wintern von 2022 und 2023 waren

die jährlichen Heizgradtage 17 respektive 16 Prozent tiefer als 2021.⁷⁸ Die Veränderungen wirken sich auch zunehmend auf das Vorkommen von Schnee aus. In Gebieten unter 800 Meter über Meer hat sich die Zahl der Schneetage seit 1970 halbiert, auf einer Höhe von etwa 2000 Metern beträgt die Reduktion seit 1970 rund 20 Prozent.⁵ Dadurch haben sich die Abflussregime verändert: Niederschläge, die in höheren Lagen vermehrt als Regen und nicht als Schnee fallen, fliessen direkt ab und erhöhen den Abfluss im Winter.³⁴

Diese Entwicklungen werden sich in den kommenden Jahrzehnten fortsetzen und beschleunigen. Bis zur Mitte des Jahrhunderts werden die Winter in der Schweiz um 2 bis 3,5 Grad Celsius wärmer sein als heute. Ausgeprägte Kälteperioden werden seltener, und die kälteste Nacht des Jahres dürfte 2060 um mehrere Grad wärmer sein.⁵ Die erwarteten Veränderungen von kalten Wintertagen gehören dabei zu den robustesten Aussagen der Klimamodelle.⁵⁶ Die Vegetationsperiode wird durch die zunehmenden Temperaturen generell länger. Trotz steigender Niederschlagssummen im Winter ist eine deutliche Abnahme beim durchschnittlichen Schneefall und der Schneebedeckung zu erwarten, insbesondere in tiefen Lagen. Unterhalb von 1000 Metern Höhe wird die Schneebedeckung 2060 um etwa die Hälfte reduziert sein. Auch in den bisher schneereichen Zentralalpen wird bis Mitte des Jahrhunderts mit einer Reduktion der Neuschneetage um gegen 30 Tage gegenüber heute gerechnet.⁵ Die Veränderung einzelner, sehr intensiver Schneefälle, die bis ins Tiefland reichen, ist noch ungewiss.⁵⁶ Generell werden die Schneemengen auch zukünftig von Jahr zu Jahr stark schwanken. Die mit der Erwärmung weitersteigende Schneefallgrenze und die erhöhten Niederschlagssummen im Winter werden die Abflüsse in den Fliessgewässern während des Winters weiter erhöhen.³⁴ Die Veränderungen von Temperaturen und Niederschlägen beeinflussen zukünftig auch die Lawinenaktivität: In tieferen Lagen dürften Lawinen wegen der aufgrund des Klimawandels ansteigenden Schneefallgrenze abnehmen, während in höheren Lagen das Klimasignal der steigenden Niederschlagssummen dominiert und die Lawinenaktivität zunehmen könnte.⁷⁹ Vor allem Nassschneelawinen könnten in den kommenden Jahrzehnten häufiger werden.⁷⁹ Weil zukünftig mehr Regen auf Schnee fällt, ist zudem möglich, dass für die Schweiz bisher kaum relevante Gefährdungsprozesse im Zusammenhang mit Lawinen auftreten.

2.4.1 Milde Temperaturen

Der Klimawandel erhöht die Temperaturen in allen Jahreszeiten. Die Sommer werden heisser, die Winter milder und auch die Temperaturen im Frühling und Herbst steigen. In der kalten Jahreszeit muss dadurch weniger geheizt werden, wodurch Einsparungen beim Heizenergiebedarf möglich sind. Auf den zunehmenden Kühlenergiebedarf durch den Klimawandel wird in Kapitel 2.1.2 eingegangen. In der Landwirtschaft werden bei angepasster Sortenwahl und Bewirtschaftung höhere Erträge durch die längere Vegetationsperiode möglich, sofern genügend Wasser zur Verfügung steht und andere Wetterextreme wie Starkniederschläge und Spätfrost nicht limitierend wirken. Zudem wird die Sommersaison für touristische Aktivitäten tendenziell länger. Im Hochsommer dürften die Bergregionen aufgrund der angenehmeren Temperaturen zudem weiter an Attraktivität gewinnen. Der Ganzjahrestourismus kann von diesen Entwicklungen profitieren. Diese positiven Veränderungen haben aber auch eine Kehrseite: Milde Temperaturen ermöglichen eine zusätzliche Generation von Krankheitsvektoren und Schadorganismen in der wärmeren Jahreshälfte. Zudem können Krankheitsvektoren und Schadorganismen den Winter besser überleben. Weil dabei neben den Temperaturen eine Reihe weiterer klimatischer Entwicklungen eine Rolle spielt, werden diese Risiken in Kapitel 2.5.2 beschrieben. Im Folgenden stehen die möglichen Auswirkungen der zunehmend milderen Temperaturen auf den Heizenergiebedarf, die Landwirtschaft und den Ganzjahrestourismus im Vordergrund.

Exposition und Vulnerabilität

Der Energiebedarf für die Heizung von Gebäuden macht einen relevanten Teil des Gesamtenergieverbrauchs der Schweiz aus: Zwischen 2016 und 2022 wurde durchschnittlich knapp ein Drittel des Endenergieverbrauchs für Raumwärme verwendet.⁸⁰ Dementsprechend gross können die Einsparungen in milden Wintern sein. Bis 2060 werden sich nicht nur die Temperaturen verändern, sondern auch der Gebäudepark. Es ist davon auszugehen, dass Massnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz bei Neubauten und Gebäudesanierungen einen grösseren Einfluss auf den Heizenergiebedarf haben als die klimabedingten Veränderungen. So liegt beispielsweise das heutige technische Einsparpotenzial bei der Bereitstellung von Raumwärme mit Strom bei 45 bis 65 Prozent, was insbesondere durch den Einsatz von Wärmepumpen realisiert werden kann.⁸¹

In der Landwirtschaft fallen die möglichen Ertragssteigerungen durch die verlängerte Vegetationsperiode je nach Kultur sehr unterschiedlich aus. Profitieren können beispielsweise der Raufutter- und Maisanbau.³⁸ Flächenmässig ist insbesondere der Raufutteranbau in der Schweiz relevant: Heute machen Naturwiesen/Heimweiden und Alpwirtschaftsflächen je ein gutes Drittel aller Landwirtschaftsflächen aus.²⁷ Schnelleres Wachstum und damit verbundene frühere Ernte bedeuten bei den heutigen Ackerkulturen allerdings nicht unbedingt höhere landwirtschaftliche Erträge.⁸² Zukünftig spielen deswegen alternative Ackerkulturen eine wichtige Rolle. Von den Veränderungen bis 2060 dürfte insbesondere der Anbau in höheren Lagen profitieren, wo die Verlängerung der Vegetationsperiode besonders ausgeprägt ist.⁸² Ob dieses Potenzial realisiert werden kann, ist allerdings auch von

anderen Produktionsfaktoren wie beispielsweise geeignete Topografie oder Böden abhängig.⁸²

Der Tourismus ist heute vor allem in den Berggebieten relevant und trägt dort rund 20 Prozent zur gesamten Wertschöpfung bei.⁸³ Die Einnahmen im Sommer sind aber vielerorts geringer als im Winter. Es bestehen aber deutliche Trends in Richtung Sommerbetrieb und besserer Erschliessung der attraktiver werdenden Herbstsaison.⁸⁴ Oft sind die Investitionen in Infrastruktur im Vergleich zum Wintertourismus geringer. Zum Teil kann bestehende Infrastruktur aus dem Wintertourismus genutzt werden. Für den künftigen Tourismus 2060 ist neben dem Klimawandel insbesondere die generelle touristische Entwicklung weltweit und in Europa entscheidend. Der Tourismus ist bisher weltweit eine Wachstumsbranche, zukünftige Entwicklungen hängen aber auch von zahlreichen Faktoren wie Globalisierung, veränderten Reisepräferenzen oder geopolitischen Rahmenbedingungen ab, die sich über vier Jahrzehnte nicht abschätzen lassen.



Olivenlese am Hang des Monte Brè in Gandria (TI) oberhalb des Lago di Lugano. Foto: Gabriele Putzu / Keystone / Ti-Press

Alternative Kulturen

Höhere mittlere Temperaturen und erhöhte Anforderungen in Bezug auf die Hitze- und Trockenheitstoleranz sprechen für den Anbau einer Reihe von Kulturen, die bisher in der Schweiz noch wenig verbreitet sind. Beispiele sind Sorghum, Kichererbsen, Süsskartoffeln und Olivenbäume. Die Sorten müssen in der Regel so gezüchtet werden, dass sie das im Vergleich zu den heutigen Anbaugebieten wechselhafte Klima in der Schweiz gut ertragen.⁸⁵ Bei alternativen Kulturen hinken die Verarbeitung, die Vermarktung und das Konsumentenbewusstsein aber oft hinterher, weshalb diese bislang oftmals nur als Nische angebaut werden.⁴¹



Besonders betroffene Bevölkerungsgruppen durch zunehmende Durchschnittstemperaturen

Für die Schweiz gibt es keine Studien, welche die Betroffenheit von bestimmten Bevölkerungsgruppen durch mildere Temperaturen analysieren. Bei den Auswirkungen mit Bezug zu den schneearmen Wintern gibt es aber sicherlich eine deutliche regionale Differenzierung. Ganze Regionen, aber auch einzelne Gemeinden und insbesondere bestimmte Berufsgruppen mit hohem direktem und indirektem Bezug zum Wintertourismus in den Berggebieten sind besonders von diesen Risiken betroffen. Auch potenzielle positive Auswirkungen dürften sich nicht auf alle Menschen gleich auswirken. So dürften beispielsweise ältere Menschen, die häufiger stürzen, verhältnismässig stark von immer seltener schneebedeckten Gehsteigen profitieren.

Klimarisiken

Der jährliche Temperaturverlauf prägt die Schweiz. In milden Wintern kann viel Heizenergie gespart werden. Die potenziellen Einsparungen durch zukünftig mildere Winter fallen gesamtwirtschaftlich ins Gewicht, weswegen diese Veränderung als sehr grosse klimabedingte Opportunität bewertet wird. Weniger ausgeprägt sind die Opportunitäten in der Landwirtschaft, weil eine verlängerte Vegetationsperiode nur zu höheren Erträgen führen kann, wenn die Sortenwahl und Bewirtschaftung angepasst werden und ausreichend Wasser zur Verfügung steht. Der Ganzjahrestourismus kann in der Schweiz von milderen Temperaturen profitieren, gesamtwirtschaftlich spielt dieser aber heute und in Zukunft eine eher untergeordnete Rolle. Sowohl die temperaturbedingten Ertragsgewinne für die Landwirtschaft als auch jene im Ganzjahrestourismus aufgrund der zunehmenden Durchschnittstemperaturen werden als mittlere klimabedingte Opportunitäten bewertet. Auf weitere Veränderungen im Zusammenhang mit milden Temperaturen, insbesondere die Auswirkungen auf Krankheitsvektoren und Schadorganismen, wird in Kapitel 2.5.2 eingegangen.

2.4.2 Schneearme Winter

Mit dem Klimawandel wird die Schneefallgrenze weiter steigen und die Schneebedeckung stark abnehmen. Im Wintertourismus in den Berggebieten führt dies zu zunehmenden wirtschaftlichen Einbussen. Die Veränderungen der Schneebedeckung betreffen aber auch andere Sektoren. Weil Niederschläge zunehmend in Form von Regen statt Schnee anfallen und dementsprechend schneller abfliessen, kann die Wasserkraft im Winter mehr Strom produzieren (gleichzeitig steigt aber auch die Gefährdung durch Hochwasser, siehe Kapitel 2.3.1). Auch Unfälle auf schneebedeckten Strassen und auf Gehsteigen könnten aufgrund der selteneren Schneefälle in tieferen Lagen abnehmen. Zudem können in tiefen Lagen auch beim Unterhalt von Infrastrukturen Kosten gespart werden, namentlich durch eine Abnahme des Verbrauchs von Streusalz, von Schneeräumungskosten sowie schnee- und frostbedingten Schäden.

Exposition und Vulnerabilität

Der Tourismus macht heute rund 3 Prozent der gesamtschweizerischen Bruttowertschöpfung aus.⁸⁶ In den Berggebieten ist der Tourismus für rund 20 Prozent der Wertschöpfung verantwortlich.⁸³ Dem Wintertourismus kommt dabei eine übergeordnete Rolle zu. So wurden 2022 etwa 75 Prozent aller Personenverkehrserträge von Seilbahnen in der Wintersaison erzielt.⁸⁷ Um Skigebiete zu betreiben, wird bereits heute die Hälfte aller Skipisten künstlich beschneit.⁸⁸ Die Beschneigung dürfte aufgrund der milden Temperaturen in tieferen und mittleren Lagen immer weniger rentabel und schliesslich auch technisch immer schwieriger werden.³⁴ Höhere Lagen dürften vom



Die Talabfahrt des Skigebiets Chäserrugg in grüner Landschaft auf knapp 900 Meter über Meer, aufgenommen am 7. Februar 2024 in Alt St. Johann (SG).

Foto: Gian Ehrenzeller / Keystone

Milder, niederschlagsreicher Februar 2024

Der Februar 2024 steht sinnbildlich für die zu erwartenden Veränderungen durch den Klimawandel. Einerseits war es der mildeste Februar seit Messbeginn 1864 (4,6 Grad Celsius über der Norm von 1991 bis 2020), andererseits war der Monat insbesondere auf der Alpensüdseite sehr niederschlagsreich. In tiefen Lagen herrschte vielerorts Schneemangel.⁹⁴ Tief gelegene Wintersportorte wechselten mitten im Winter auf den Sommerbetrieb: So öffneten Sportbahnen vielerorts Sommerrodelbahnen, Seilparks und Bikestrecken.⁹³

Schneemangel in tieferen Lagen profitieren, weil eine regionale Verschiebung des Wintertourismus in schneesichere Gebiete stattfindet und die Schweiz auch im internationalen Vergleich hinsichtlich Schneesicherheit gut dasteht.⁸⁹ Allerdings befindet sich der Wintertourismus generell in einer starken Konkurrenzsituation mit internationalen (schneeunabhängigen) Tourismusdestinationen, und zukünftige Entwicklungen hängen auch von zahlreichen nicht-klimatischen Faktoren ab (beispielsweise Trends in der Freizeitgestaltung), die sich für die kommenden Jahrzehnte kaum abschätzen lassen.

Die Wasserkraft machte im Jahr 2023 ungefähr 65 Prozent des Stromproduktionsmixes der Schweiz aus.⁵⁰ Dabei sind insbesondere die Laufwasserkraftwerke, mit einem Anteil von ca. 24 Prozent an der gesamten Stromproduktion,⁵⁰ direkt vom Wasserdargebot in den Fließgewässern abhängig. Auch in Zukunft wird die Wasserkraft der wichtigste Pfeiler der Schweizer Stromproduktion bleiben. Zudem wird die Schweiz auch zukünftig im Winterhalbjahr von Stromimporten abhängig sein.²² Entsprechend wertvoll sind die zusätzlichen Abflüsse im Winter.

Trotz wachsendem Verkehr haben Personenschäden bei Strassenverkehrsunfällen in den vergangenen Jahrzehnten auch unabhängig von klimatischen Veränderungen deutlich abgenommen.⁹⁰ Der Verkehr wird bis Mitte des Jahrhunderts in der Schweiz weiterwachsen. Für den Personenverkehr wird bis 2050 ein Wachstum von rund 11 Prozent erwartet, aufgrund der erwarteten Zunahme von Homeoffice, der Urbanisierung und der Alterung der Bevölkerung ist dies im Vergleich zum Bevölkerungswachstum ein unterproportionales Wachstum.⁹¹ Der Güterverkehr steigt hingegen gemäss Prognosen um 31 Prozent.⁹¹ Es ist denkbar, dass die Verkehrsteilnehmenden in der Schweiz zukünftig aufgrund der selteneren Schneefälle weniger an Schnee und Glätte gewohnt sind, sodass die Vulnerabilität steigt und es bei Schneefall zu mehr Unfällen kommt als heute. Noch besteht dazu aber kein vertieftes Verständnis.

Durch das steigende Verkehrsvolumen steigt auch der Anspruch an den Unterhalt von Verkehrsinfrastrukturen, wobei insbesondere der Schwerverkehr eine hohe Belastung für das Strassennetz darstellt. Die schneebedingten Veränderungen spielen im Vergleich zu diesen Entwicklungen eine kleinere Rolle. Trotzdem kann festgehalten werden, dass das Ausbringen von Streusalz, der Aufwand für Schneeräumung und schnee- und frostbedingte Schäden sensitiv gegenüber einer Abnahme von Schneefällen sind. Eine Studie von MeteoSchweiz zeigt, dass vor allem in tiefen Lagen, wo sich die meisten Infrastrukturen akkumulieren und die Abnahme der Neuschneetage am deutlichsten ausfällt, mit einer erheblichen Abnahme des mittleren Salzbedarfs gerechnet werden kann. Gesamtschweizerisch dürfte der Salzbedarf auf etwa die Hälfte des heutigen Erwartungswertes von 220 000 Tonnen abnehmen.⁹² Weil aber auch zukünftig intensive Schneefälle möglich sind, die bis ins Tiefland reichen, kann der Schneeräumungsfuhrpark insgesamt aber nur bedingt verkleinert werden.

Klimarisiken

Schneearme Winter bergen schon heute Risiken für den Wintertourismus in der Schweiz. Zukünftig wird der ausbleibende Schnee zunehmend zu wirtschaftlichen Herausforderungen in stark vom Wintertourismus abhängigen Regionen in tiefen und mittleren Lagen führen. In der Stromproduktion durch Wasserkraft sowie im Verkehr kann hingegen vom ausbleibenden Schneefall profitiert werden, wobei die Veränderungen aber bisher begrenzt bleiben. Bis 2060 werden sich die Veränderungen akzentuieren. Dabei kann die Wasserkraft zusätzlichen Winterstrom produzieren. Einzelne, intensive Schneefälle bis in tiefe Lagen sind auch zukünftig noch möglich und relativieren die Opportunitäten im Zusammenhang mit dem Unterhalt von Verkehrsinfrastrukturen und der Verkehrssicherheit. Insgesamt werden sämtliche der analysierten Entwicklungen durch schneeärmere Winter als mittlere Klimarisiken bzw. mittlere klimabedingte Opportunitäten bewertet.



Der Wasserspiegel des Säntisersees ist starken Schwankungen unterworfen. Im Sommer 2018 war der Bergsee aufgrund der Wärme und Trockenheit ausgetrocknet.
Foto: Stefan Arendt / Keystone / imageBROKER (24.7.2018, Alpstein)

2.5 Zunehmende Veränderungen von Lebensräumen und der Artenzusammensetzung

Der Klimawandel verändert die natürlichen Lebensräume der Schweiz. Die Veränderungen in den Ökosystemen und die Zunahme von Schadorganismen können sich negativ auf die menschliche Gesundheit, die biologische Vielfalt, aber auch auf die Land- und Waldwirtschaft auswirken. Nicht zuletzt verändert der Klimawandel auch das Erscheinungsbild der Landschaft und wichtige Identifikationsmerkmale der Schweiz.

Abbildung 8

Übersicht über die Risiken und die prioritär betroffenen Sektoren durch die zunehmenden Veränderungen von Lebensräumen und der Artenzusammensetzung in der Schweiz



Steigende Temperaturen, Hitze, Trockenheit und Extremereignisse sind Faktoren, die die natürlichen Lebensräume in der Schweiz verändern und den Zustand vieler Ökosysteme verschlechtern (Abbildung 8). Ökosystemleistungen wie sauberes Wasser, fruchtbare Böden oder Bestäubung können beeinträchtigt oder verloren gehen, vor allem dann, wenn sich klimatische Stressfaktoren mit anderen Faktoren wie der intensiven Landnutzung überlagern. Zudem breiten sich gebietsfremde, wärme-liebende Arten in Abwesenheit ihrer natürlichen Feinde aus. Krankheitsvektoren, allergene Pflanzen und andere Schadorganismen können durch die höheren Temperaturen oder extreme Nässe nach Starkniederschlägen vermehrt oder neu auftreten, wodurch der Klimawandel indirekt die menschliche Gesundheit, aber auch die Land- und Waldwirtschaft gefährdet. Nicht zuletzt verändert sich auch das Landschaftsbild, insbesondere im Berggebiet und in Trockenperioden im Sommer. Dies kann sich unter

anderem negativ auf wichtige Identifikationsmerkmale der Schweiz, beispielsweise die Gletscher, auswirken.

Die Schweiz setzt im Rahmen ihrer Politiken in den Bereichen Biodiversität, Landschaft oder Wald verschiedene Massnahmen um, die darauf abzielen, den ökologischen Wert von Lebensräumen zu erhalten und diese gegenüber Stressfaktoren widerstandsfähiger zu machen. Beispiele hierfür sind die Vernetzung wertvoller Lebensräume, die Verjüngung von Waldbeständen im Rahmen der Waldpflege oder die Revitalisierung von Fliessgewässern. Massnahmen zum Schutz natürlicher Lebensräume sind generell von zentraler Bedeutung, da ökologisch intakte und naturnahe Ökosysteme widerstandsfähiger gegenüber Klimaveränderungen sind. Im Umgang mit Krankheitsvektoren und Schadorganismen setzt die Schweiz auf verschiedene Massnahmen, um diese zu überwachen, präventiv zu verhindern, einzudämmen oder zu bekämpfen.

Klimasignal

Verschiedene Klimaveränderungen, oftmals in Kombination, verändern die klimatischen Rahmenbedingungen und damit Lebensräume und die Artenzusammensetzung in der Schweiz. Hitzeperioden (Kapitel 2.1) und trockene Sommer (Kapitel 2.2) haben sich in den letzten Jahrzehnten gehäuft. Dadurch haben sich die Gewässer verändert: Im Rhein bei Basel ist beispielsweise die durchschnittliche Wassertemperatur seit den 1950er-Jahren um 3 Grad Celsius angestiegen, eine ähnliche Veränderung wird auch in anderen Fließgewässern im Mittelland festgestellt.⁹⁵ Zudem waren in den vergangenen Jahren einige Sommer ausgesprochen trocken, und es herrschte vielerorts extremes Niedrigwasser.³⁵ Auch zunehmende Starkniederschläge (Kapitel 2.3) und die zunehmend milderen und schneearmen Winter (Kapitel 2.4) prägen die natürlichen Lebensgrundlagen der Schweiz. Vor allem milde Winter sind entscheidend dafür, ob Krankheitsvektoren und Schadorganismen neue Gebiete besiedeln und sich ausbreiten können. Auch extreme Nässe nach Starkniederschlägen kann eine wichtige Rolle spielen.

Bis 2060 werden sich die in den Kapiteln 2.1 bis 2.4 beschriebenen klimatischen Veränderungen weiter akzentuieren. Extremereignisse wie Hitze, Sommertrockenheit und Starkniederschläge werden zukünftig häufiger und intensiver auftreten.⁵ Die Durchschnittstemperaturen werden steigen und die Winter bis zur Mitte des Jahrhunderts in der Schweiz ungefähr 2 Grad Celsius wärmer sein als heute.⁵ Dabei ist in den Alpen schweizweit mit der stärksten Erwärmung zu rechnen.⁹⁶

2.5.1 Beeinträchtigung von Ökosystemen und deren Leistungen

Viele Arten und Ökosysteme in der Schweiz reagieren empfindlich auf Hitze, Trockenheit und andere klimabedingte Veränderungen. In aquatischen Ökosystemen und Feuchtgebieten führen die steigenden Temperaturen zu höheren Wassertemperaturen und veränderter Dichteschichtung in den Seen. Weil sich die Wasserschichten vertikal weniger durchmischen, kommt es zur Anreicherung von Nährstoffen und Abnahme des Sauerstoffgehalts. Es können vermehrt toxische Blaualgen auftreten, welche die Nutzung der Gewässer einschränken. Zunehmende

Sommertrockenheit hat zur Folge, dass ganze Fließgewässerabschnitte trockenfallen und Schadstoffe nur unzureichend verdünnt werden. Die Wasserqualität und aquatische Ökosysteme werden dadurch weiter beeinträchtigt, was sich auch auf verschiedene Wassernutzungen auswirken kann. Dies auch, weil sich mikrobiologische Probleme durch höhere Wassertemperaturen tendenziell verstärken.³⁴ Die zunehmenden Abflüsse im Winter bergen zudem das Risiko, dass ein einzelnes Hochwasserereignis eine ganze Generation von Fischen durch Wegschwemmen von Laich oder jungen Fischen auslöscht.



Aus dem Rhein gefischte tote Fische sind in einer Entsorgungstonne gesammelt, am 6. August 2018 in Neuhausen (SH). Die Fische starben aufgrund der hohen Wassertemperatur des Rheins. Foto: Melanie Duchene / Keystone

Fischsterben während Hitzeperioden

Bei anhaltender Hitze steigen die Wassertemperaturen in Gewässern stark an. Bei Wassertemperaturen über 25 Grad Celsius wird die Toleranzgrenze von hitzeempfindlichen Fischarten wie Forellen und Äschen überschritten. Vor allem bei den Äschen kam es in den letzten Jahren deswegen schon mehrfach zu Fischsterben. vielerorts wurden Fließgewässer beschattet und ausgebaggert, um künstliche Kaltwasserzonen zu schaffen und damit Fische zu schützen. Dabei zeigte sich, dass natürliche Gewässer während Hitzeperioden generell bessere Bedingungen für Fische bieten. Gewässerrevitalisierungen mit einer dichten Uferbestockung, guter Gewässervernetzung und hoher Strukturvielfalt sind deshalb wichtige Massnahmen zur Anpassung an den Klimawandel.⁹⁸

Auch terrestrische Ökosysteme wie Waldökosysteme, alpine Ökosysteme und Kulturlandschaften werden durch den Klimawandel beeinträchtigt. Durch die zunehmenden Temperaturen werden sich viele Arten in den kommenden Jahrzehnten in höhere Lagen verschieben, was sich beispielsweise im Anstieg der (potenziellen) Waldgrenze äussert. Trockenheit hemmt biologische Aktivität in den Böden, Starkniederschläge können den nährstoffreichen Oberboden in kurzer Zeit erodieren und die Bodenqualität damit weiter beeinträchtigen. Auch werden dabei Nährstoffe und allenfalls Pflanzenschutzmittel ausgewaschen, wodurch wiederum die Wasserqualität beeinträchtigt wird. Durch den Klimawandel geraten komplexe Interaktionen und Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Ökosystemen und Arten zeitlich aus dem Gleichgewicht. So beispielsweise Ökosystemleistungen wie die Bestäubung, wenn nach einem milden Winter eine Pflanzenart blüht, bevor ihre Bestäuber auftauchen,⁹⁵ oder wenn sich die Aktivitätsperioden von Bestäubern und die Blütezeit von Pflanzen generell verschieben.

Exposition und Vulnerabilität

Grundsätzlich sind mit jedem Grad Erwärmung gravierendere Auswirkungen auf einzelne Arten und deren Interaktionen möglich. **Aquatische Lebensräume** reagieren besonders sensitiv auf zunehmende Hitzebelastung und Sommertrockenheit. Hohe Wassertemperaturen führen zu Hitzestress bei temperaturempfindlichen Arten. Neben klimatischen Stressoren erhöhen vor allem nicht-klimatische Stressoren wie die intensive Nutzung, die fehlende Vernetzung der Lebensräume oder die Einträge von Schadstoffen und Nährstoffen die Vulnerabilität dieser sensiblen Lebensräume. Ein Grossteil der Bäche, Flüsse und Seen wurde in den letzten 150 Jahren verbaut und 90 Prozent der Feuchtgebiete und Kleingewässer trockengelegt.⁹⁵ Heute gilt die Gewässerqualität in rund 30 Prozent der Fliessgewässer als «mangelhaft», vor allem in kleineren und mittleren Gewässern, in welche gereinigtes Abwasser und grosse Mengen Nährstoffe aus der Landwirtschaft eingeleitet werden.⁹⁵ Es werden aber auch Nährstoffe aus der Luft in Feuchtgebiete eingetragen. Revitalisierungen als zentraler Bestandteil des Gewässerschutzgesetzes tragen zur Wiederherstellung naturnaher Lebensräume und zu verbesserter Durchgängigkeit bei, was auch die Resilienz gegenüber dem Klimawandel stärkt. Denn ökologisch intakte und naturnahe Ökosysteme sind weniger empfindlich gegenüber diesen

Veränderungen.⁵ Gleichzeitig können auch Anpassungsmassnahmen in anderen Sektoren, so beispielsweise die Schädlingsbekämpfung in der Land- und Waldwirtschaft, je nach Ausgestaltung negative Auswirkungen auf aquatische Ökosysteme und Feuchtgebiete haben. Entsprechend hoch wird die Vulnerabilität dieser Ökosysteme und deren Leistungen in den kommenden Jahrzehnten insgesamt eingeschätzt.

Waldökosysteme machen knapp ein Drittel der Landesfläche aus²⁷ und beherbergen rund 40 Prozent der in der Schweiz verbreiteten Tier- und Pflanzenarten.⁹⁵ Auf rund 38 Prozent der zugänglichen Waldfläche ist die Fichte die vorherrschende Baumart, welche besonders empfindlich auf Klimaveränderungen reagiert.³¹ Zudem sind viele Wälder nach den heissen und trockenen Sommern der letzten Jahre sowie wegen Schadorganismen und Stickstoffeinträgen aus der Luft in einem schlechten Zustand und entsprechend vulnerabel gegenüber klimatischen Veränderungen.⁹⁷ Grundsätzlich sind naturnahe Waldökosysteme resilienter einzuschätzen. Vor allem im Mittelland und im Jura mangelt es den Wäldern aber an Tot- und Altholz, welches für 20 Prozent der im Wald lebenden Arten überlebenswichtig ist.⁹⁵ Es wird deshalb zunehmend wichtiger, Waldpflege und Waldbewirtschaftung auf künftige Bedingungen auszurichten. Zentrale Stossrichtungen sind dabei die Verjüngung der Waldbestände, die Erhöhung der Baumartenvielfalt, der Strukturvielfalt sowie der genetischen Vielfalt. Diese Anpassungen brauchen aber Zeit, vor allem in höheren Lagen, in denen Wachstumsprozesse sehr langsam verlaufen. Dementsprechend hoch ist die Vulnerabilität des Waldes gegenüber den veränderten Standortbedingungen durch den Klimawandel einzuschätzen. Dabei können die Veränderungen in den Waldökosystemen auch Waldleistungen wie deren Schutzwirkung betreffen.

Auch die **alpinen Ökosysteme** beherbergen eine grosse Vielfalt an Lebensräumen und viele spezialisierte Arten, welche zum Teil eine wichtige Rolle für die Identität der Schweiz spielen.⁹⁵ Alpweiden und Wildheuwiesen gehören zu den artenreichsten Flächen der Schweiz. Im Vergleich zu anderen Ökosystemen fallen die nicht-klimatischen Beeinträchtigungen im Alpengebiet bisher geringer aus, aber auch Alpweiden und Wildheuwiesen sind Nährstoffeinträgen über die Atmosphäre und einer veränderten Nutzung durch den Menschen ausgesetzt.⁹⁵ Zudem ist

der Erschliessungsdruck durch verschiedene Nutzungen in jüngerer Zeit angestiegen. Alpine Ökosysteme gelten als besonders vulnerabel gegenüber klimatischen Veränderungen, weil sich Arten nur bedingt in höhere Lagen verschieben können. Einerseits fehlt dazu an vielen Standorten der nötige Boden, andererseits ist eine Verschiebung in höhere Lagen gleichbedeutend mit einer Flächenverringerung und zunehmender Fragmentierung oder gar Isolierung.⁹⁵ Zudem treten auch neu eingewanderte Arten in Konkurrenz mit Arten, die auf den alpinen Raum spezialisiert und entsprechend vulnerabel sind.⁹⁵ Nicht zuletzt sind je nach Standort auch touristische Aktivitäten und Infrastrukturen sowie der Ausbau der erneuerbaren Energien bedeutende Stressoren für die Ökosysteme im Alpenraum, sodass auch hier von einer erhöhten Vulnerabilität bis 2060 ausgegangen wird.

Die Artenvielfalt der **Ökosysteme der Kulturlandschaft** und damit auch zentrale Ökosystemleistungen sind in der Schweiz durch intensive Bewirtschaftung und landwirtschaftliche Praxis mit ihren hohen Stickstoff- und Pflanzenschutzmitteleinträgen bereits stark beeinträchtigt.⁹⁵ Besonders ausgeprägt sind diese Entwicklungen in tieferen Lagen, wo die Landnutzungsintensität hoch ist und durch die zunehmende Zersiedlung und Verdichtung von Siedlungsräumen in den vergangenen Jahrzehnten bereits viel Agrarland verloren ging. Damit im Agrarland artenreiche Ökosysteme erhalten werden können und gleichzeitig die Nahrungsmittelproduktion aufrechterhalten werden kann, müssen gut vernetzte Biodiversitätsförderflächen sowie eine biodiversitätsfreundliche, standortangepasste Bewirtschaftung der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche umgesetzt werden.⁹⁵ Zudem ist ein weiterer Verlust von Kulturlandschaften durch Zersiedlung zu verhindern. Weil dies Anpassungsmassnahmen in intensiv genutzten Gebieten voraussetzt und ein Ausbau der Biodiversitätsförderflächen zum jetzigen Zeitpunkt nicht absehbar ist, wird auch in Bezug auf Ökosysteme in der Kulturlandschaft von einer hohen Vulnerabilität für die kommenden Jahrzehnte ausgegangen.

Klimarisiken

Viele Ökosysteme stehen in der Schweiz durch die intensive Flächennutzung, invasive gebietsfremde Arten sowie Boden-, Wasser- und Luftverschmutzung bereits stark unter Druck. Durch den Klimawandel werden sich die Belastungen für Ökosysteme in der Schweiz weiter

erhöhen. Dies kann sich auch auf Ökosystemleistungen wie sauberes Wasser, fruchtbare Böden oder Bestäubungsleistungen auswirken.

Aquatische Ökosysteme reagieren besonders empfindlich auf die erwarteten Veränderungen im Wasserhaushalt. Aufgrund von ihrer Bedeutung als wertvolle natürliche Lebensräume, wichtige Naherholungsgebiete und aufgrund der wichtigen Ökosystemleistungen wie Hochwasserschutz, die Erneuerung der Grundwasserreserven sowie die Reinigung von Wasser⁹⁵ wird die Beeinträchtigung von aquatischen Ökosystemen als sehr grosses Klimarisiko bewertet.

In **Waldökosystemen** wird erwartet, dass manche heute noch standortgerechte Baumarten schon in wenigen Jahrzehnten an ihre ökologischen Grenzen kommen.⁹⁵ Die Anpassung der Baumartenzusammensetzung ist zentral, damit der Wald auch im zukünftigen Klima ein funktionierendes Ökosystem bleibt, welches nicht nur zahlreiche Arten beherbergt, sondern auch Siedlungen, Verkehrs- und andere Infrastrukturen vor Naturgefahren schützt, Erholungsraum bietet und die Ressource Holz liefert. Aufgrund des flächenmässig grossen Anteils des Waldes in der Schweiz ist dies eine Herausforderung. Die Beeinträchtigung von Waldökosystemen wird deswegen als grosses Klimarisiko bewertet.

In **alpinen Ökosystemen** fallen die nicht-klimatischen Beeinträchtigungen im Alpengebiet bisher geringer aus, es werden in den kommenden Jahrzehnten aber die grössten klimatischen Veränderungen sowie ein zunehmender Erschliessungsdruck erwartet.⁹⁶ Gleichzeitig finden sich im Gebirge zahlreiche hochspezialisierte Arten, welche nicht beliebig in die Höhe ausweichen können. Aufgrund dieser erhöhten Vulnerabilitäten wird die Beeinträchtigung von alpinen Ökosystemen als grosses Klimarisiko bewertet.

Ökosysteme der Kulturlandschaft sind die natürliche Grundlage für die Nahrungsmittelproduktion und dementsprechend von übergeordneter Bedeutung für die Gesellschaft. Klimatische Auswirkungen werden in den kommenden Jahrzehnten neben der intensiven Flächennutzung und dem Verlust von wertvollen Böden durch die Ausdehnung von Siedlungsflächen und Infrastrukturen eine zunehmend wichtigere Rolle spielen, insbesondere wenn Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Arten, welche

für die Bestäubung von Kulturpflanzen massgebend sind, durch die Auswirkungen des Klimawandels aus dem Gleichgewicht geraten. Die Beeinträchtigung von Ökosystemen der Kulturlandschaft wird als sehr grosses Klimarisiko bewertet.

2.5.2 Vermehrt auftretende Schadorganismen

Wärmeliebende Arten, darunter sowohl einheimische als auch gebietsfremde Arten, können durch die zunehmenden Temperaturen immer besser überwintern und dadurch in grösseren Populationsdichten auftreten oder sich neu etablieren. Einige dieser Arten können Krankheitserreger von einem infizierten Tier auf einen Menschen oder ein anderes Tier übertragen.⁹⁹ Solche Krankheitsvektoren stellen ein Risiko für die Gesundheit von Menschen und Tieren dar. Bereits etablierte Vektoren, in der Schweiz vor allem Zecken, können neue Gebiete in höheren Lagen besiedeln. Es ist auch möglich, dass durch die klimatischen Veränderungen gänzlich neue Vektoren in der Schweiz auftreten bzw. deren Ansiedlung beschleunigt wird, so etwa die Tigermücke in den letzten Jahren. Die Veränderung der Artenzusammensetzung, insbesondere das ungehinderte Ausbreiten invasiver gebietsfremder Arten in Abwesenheit ihrer natürlichen Feinde, kann sich auch negativ auf Funktionen von Ökosystemen auswirken.⁹⁵ Schadorganismen, darunter Insekten, Pilze und Pflanzen, können toxische oder allergene Stoffe produzieren, welche wiederum die Gesundheit von Menschen und Nutztieren beeinträchtigen.¹⁰⁰ So können beispielsweise Krankheitserreger wie Salmonellen und *Campylobacter* unter wärmeren, feuchten Bedingungen besser gedeihen und die Lebensmittelsicherheit beeinträchtigen.¹⁰¹ Auch kann es zu erheblichen Schäden in der Land- und Waldwirtschaft durch Schädlinge kommen, weil deren Entwicklung früher im Jahr einsetzt und zusätzliche Generationen möglich werden.¹⁰⁰

Exposition und Vulnerabilität

Die Ausbreitung von Krankheitsvektoren und Schadorganismen stellt ein Gesundheitsrisiko für die Menschen dar. Zecken sind heute die bedeutendsten Krankheitsvektoren in der Schweiz und können Krankheiten wie Borreliose oder Frühsommer-Meningoenzephalitis übertragen.¹⁰² Die in einigen Teilen der Schweiz bereits etablierte Tigermücke könnte auch tropische Infektionskrankheiten übertragen,

die bisher in der Schweiz noch nicht auftreten. Auch allergene Pflanzen sind von Bedeutung für die menschliche Gesundheit. Rund 20 Prozent der Bevölkerung in der Schweiz leiden an einer Pollenallergie.¹⁰³ Durch die verlängerte Vegetationsperiode setzen viele Pflanzen ihre Pollen bereits früher frei, zudem wird die Ausbreitung einzelner stark allergener Pflanzen wie der Ambrosia durch den Klimawandel begünstigt.¹⁰³ Falls sich die Menschen durch die klimatischen Veränderungen häufiger draussen aufhalten, würde sich die Exposition gegenüber diesen Belastungen weiter erhöhen.

Invasive gebietsfremde Arten breiten sich oft entlang von Verkehrswegen aus.¹⁰⁰ Dies zeigt, dass für die Ausbreitung vieler Arten nicht nur das vorherrschende Klima, sondern auch nicht-klimatische Faktoren wie der Handel und der Reiseverkehr eine entscheidende Rolle spielen. Gemäss dem Referenzszenario der Bevölkerungsentwicklung wird die Bevölkerung in der Schweiz bis 2050 um 20 Prozent wachsen.¹³ Auch der Handel und der Reiseverkehr dürften weiter zunehmen.⁹¹ Es wird deswegen erwartet, dass sich neu etablierte Organismen wie die Tigermücke, aber auch etablierte Vektoren und allergene Pflanzen weiter ausbreiten. Ob und wie diese bekämpft werden können, ist je nach Art unterschiedlich. Neben der direkten Bekämpfung, beispielsweise mit Bioziden oder durch die Sterilisierung der männlichen Mücken, ist auch die Sensibilisierung der Bevölkerung im Umgang mit den neuen Gefährdungen zentral.

Auch die Landwirtschaft ist schon heute von Schadorganismen betroffen. Schädlinge sind vor allem im Gemüse-, Obst- und Weinbau und im Allgemeinen in den tiefer gelegenen landwirtschaftlichen Gebieten der Schweiz verbreitet. Analysen zeigen, dass verschiedene Schadorganismen seit 1960 in nördlicher Richtung und in höhere Lagen vorgestossen sind und die Populationsdichten aufgrund der milden Winter im Frühjahr zugenommen haben.¹⁰⁴ Die Ausbreitung erfolgt ebenfalls über den Handels- und Reiseverkehr, kann aber durch die klimatischen Veränderungen verstärkt werden. Gesamthaft ist zukünftig vor allem in tiefen Lagen von einem zunehmenden Schädlingsdruck auszugehen.¹⁰⁴ Schadinsekten wie beispielsweise der Japankäfer sind dabei besonders gefährlich, weil sie im Vergleich zu Pflanzen mobiler sind und sich schnell reproduzieren können.

Auch die Nutztierhaltung kann von der Ausbreitung von Krankheitsvektoren und toxischen Pflanzen (z. B. das Schmalblättrige Greiskraut) betroffen sein. So kamen in der Schweiz bei Rindern und Schafen schon Fälle der über Mücken übertragenen Blauzungenkrankheit vor. Die Exposition der Nutztierhaltung dürfte in der Schweiz bis 2060 aber abnehmen. Dies, sofern die im Zukunftsbild Schweizer Land- und Ernährungswirtschaft 2050 postulierten Ziele erreicht werden und die Tierzahlen entsprechend abnehmen.³⁰

Schliesslich sind Schadorganismen auch in der Waldwirtschaft eine Herausforderung, so etwa Schadinsekten wie der Borkenkäfer, invasive Pflanzenarten wie der Götterbaum oder Hanfpalmen sowie eine Reihe von Fadenwürmern und Pilzen. Durch Hitze und Trockenheit werden Bäume geschwächt und anfälliger gegenüber Schadorganismen.⁵ Ein Beispiel hierfür ist die Fichte. Sie ist zwar nach wie vor die am meisten verbreitete Baumart der Schweiz,³¹ die klimatische Standorteignung hat sich in den letzten Jahrzehnten aber deutlich verschoben.



Besonders betroffene Bevölkerungsgruppen

Für die Schweiz liegen keine konkreten Studien vor, welche die Betroffenheit bestimmter Bevölkerungsgruppen durch die Veränderungen von natürlichen Lebensräumen unter dem Klimawandel untersuchen. Grundsätzlich sind Menschen mit alters- und gesundheitsbedingten Vorbelastungen von den Auswirkungen im Zusammenhang mit über Vektoren übertragenen Infektionskrankheiten stärker betroffen als junge, gesunde Personen. Umgekehrt sind letztere in der Freizeit eher im Freien unterwegs und deshalb exponierter gegenüber Zeckenbissen und Mückenstichen. Dies gilt auch für schwangere Frauen, die besonders vulnerabel gegenüber spezifischen tropischen Infektionskrankheiten wie dem Zika-Virus sind.¹⁷ Weiter sind auch Personen mit einer Pollenallergie oder Personen, die draussen arbeiten, besonders stark von den gesundheitlichen Auswirkungen durch die infolge des Klimawandels veränderte Artenzusammensetzung betroffen.

Die Fichtenbestände im Mittelland sind heute vielerorts geschwächt, und entsprechend hoch fielen in den letzten Jahren auch die Schäden durch den Borkenkäfer aus.¹⁰⁵ Mit standortangepassten Baumarten kann der Wald langfristig besser vor den Risiken durch einzelne Schadorganismen geschützt werden. Bis 2060 ist aber von einer erhöhten Vulnerabilität auszugehen, weil die Anpassung nur langsam erfolgen kann und auch bisher unbekannte Schädlinge auftreten können. Damit sind mittelfristig auch wertvolle Leistungen der Schweizer Wälder, beispielsweise die Schutzwirkung für Menschen, Siedlungen, Verkehrs- und andere Infrastrukturen, gefährdet.



Asiatische Tigermücke: Sie bringt neue Krankheitserreger wie Dengue-Viren nach Mitteleuropa.

Foto: Roger Eritja / Keystone / Biosphoto

Ausbreitung der Tigermücke

Die Asiatische Tigermücke ist eine in der Schweiz gebietsfremde, invasive Mückenart. Sie wurde erstmals 2003 im Kanton Tessin nachgewiesen und hat sich seither in mehreren Kantonen, insbesondere im Tessin, in Basel-Stadt, in Genf und in den Südtälern Graubündens grossflächig ausgebreitet. Die Tigermücke gilt als sehr lästig, weil sie auch tagsüber aktiv ist. Zudem kann sie Krankheitserreger wie Dengue-, Chikungunya- oder Zika-Viren übertragen. Bisher gibt es keine Hinweise darauf, dass es innerhalb der Schweiz zu Übertragungen solcher Viren kam, in Nachbarländern wie Frankreich und Italien aber schon. Deswegen wird die Tigermücke bereits heute aktiv überwacht und präventiv bekämpft.¹⁰⁶

Klimarisiken

Das Klima prägt in Kombination mit dem Handels- und Reiseverkehr das Vorkommen von Schadorganismen in der Schweiz. Durch Zecken übertragene Krankheiten stellen bereits heute ein relevantes Gesundheitsrisiko dar. In Zukunft könnten durch neu etablierte Vektoren auch tropische Infektionskrankheiten in der Schweiz übertragen werden. Aufgrund der verlängerten Vegetationsperiode steigt auch die Belastung durch allergene Pflanzen. Die Beeinträchtigungen der menschlichen Gesundheit durch vermehrt auftretende Schadorganismen werden als sehr grosse Klimarisiken bewertet. Auch die Nutztierhaltung ist von Risiken durch Schadorganismen betroffen. Gemäss den Zielen des Bundesrates³⁰ dürften die Nutztierzahlen in der Schweiz in den kommenden Jahrzehnten allerdings zurückgehen, womit sich auch die Exposition reduziert. Die Beeinträchtigungen der Gesundheit von Nutztieren durch vermehrt auftretende Schadorganismen werden deswegen als mittlere Klimarisiken bewertet. Auch bei landwirtschaftlichen Kulturen muss mit höheren Schäden gerechnet werden, weil neue Schadorganismen einwandern, heimische Schädlinge sich stärker vermehren oder extreme Nässe Krankheiten fördert. Die Einbussen in der Landwirtschaft durch vermehrt auftretende Schadorganismen werden als grosse Klimarisiken eingeschätzt. Schliesslich können auch Waldleistungen durch Schädlingsbefall oder die Ausbreitung invasiver Pflanzen grossflächig und langfristig beeinträchtigt werden. Diese Waldschäden durch vermehrt auftretende Schadorganismen werden als mittlere Klimarisiken eingestuft.

2.5.3 Verändertes Landschaftsbild

Der Klimawandel verändert die Landschaft in der Schweiz. Ausgetrocknete Wiesen und Wälder («gelb und braun statt grün») sowie tiefe Pegelstände in den Gewässern prägen das Landschaftsbild im Sommer. In den Bergen steigt die Waldgrenze, es liegt weniger Schnee und die Gletscher schmelzen aufgrund der steigenden Temperaturen. Diese Veränderungen prägen die Landschaft und können die Attraktivität der Landschaft zur Erholung, für Freizeitaktivitäten und zu touristischen Werbezwecken schmälern.⁹⁵ Hangrutschungen, Hangmuren, Steinschlag oder Felsstürze können dazu führen, dass (Wander-)Wege gesperrt werden müssen und die Zugänglichkeit gewisser Gebiete in den Alpen zum Teil

für längere Zeit eingeschränkt bzw. unterbunden wird. Nicht zuletzt sind von diesen Veränderungen auch einige der identitätsstiftenden natürlichen und kulturellen Eigenarten der Landschaft in der Schweiz betroffen.

Exposition und Vulnerabilität

Bewegung und Sport in Natur und Landschaft haben in den letzten Jahren stark an Bedeutung gewonnen. Die Attraktivität der Landschaft spielt dabei eine wichtige Rolle.¹⁰⁷ Auch der Tourismus profitiert von einem durch Gletscher, Schnee und Gewässern geprägten Landschaftsbild. Der Tourismus ist heute vor allem in den Berggebieten ein wichtiger Wirtschaftssektor: Rund ein Fünftel der Bruttowertschöpfung



Ein Mess-Team steigt zum Gletschervorfeld des Findelgletschers (VS) ab, das vor einem Jahrzehnt noch von dicken Eismassen bedeckt war. Foto: Matthias Huss / VAW-ETH Zürich (19.9.2023)

Gletscherschmelze

Die Gletscher sind wichtige Identifikationsmerkmale und Touristenmagnete im Alpenraum, einzelne Gletscher ziehen jährlich Zehntausende Touristen an.¹⁰⁹ In den Jahren 2022 und 2023 sind in der Schweiz 10 Prozent des gesamten Eisvolumens abgeschmolzen.¹¹⁰ Damit ging in nur zwei Jahren so viel Eis verloren wie zwischen 1960 und 1990.^{83,110} Am Rhonegletscher wird das Abschmelzen durch die Abdeckung mit Polyester-Tüchern verlangsamt, um die touristische Eisgrotte zu schützen. Damit lässt sich das Abschmelzen lokal um bis zu 70 Prozent verlangsamen,¹¹¹ eine grossflächige Anwendung und damit die Verhinderung des Abschmelzens ganzer Gletscher ist allerdings weder realisierbar und bezahlbar¹¹² noch aus Sicht des Landschaftsschutzes tolerierbar.

wird im Tourismus generiert.⁸³ Gerade die hochalpinen Landschaften werden sich bis 2060 massgebend verändern. Wie attraktiv die von abschmelzenden Gletschern hinterlassenen Landschaften für touristische Aktivitäten sind, kann allerdings kaum abgeschätzt werden.³⁴ Hauptsächlich prägend für das künftige Landschaftsbild sind menschliche Aktivitäten wie die Ausdehnung der Siedlungsfläche und Infrastrukturen, der Ausbau erneuerbarer Energien oder Verbauungen zum Schutz vor Naturgefahren wie Hochwasser oder Hangmuren.¹⁰⁸

Klimarisiken

Das Erscheinungsbild der Landschaft wird durch eine Vielzahl klimatischer und nicht-klimatischer Entwicklungen geprägt. Bisher sind die klimabedingten Auswirkungen vor allem im hochalpinen Raum sichtbar. Zukünftig werden Trockenheitsperioden auch in weiteren Teilen der Schweiz zu einem veränderten Landschaftsbild führen. Die grössten Veränderungen sind aber weiterhin in hochalpinen Gebieten zu erwarten, wo Gletscher schmelzen, weniger Schnee liegt und die Waldgrenze ansteigt. Dies prägt die Attraktivität der Landschaft für Freizeitaktivitäten sowie das Potenzial für den Tourismus. Da Landschaften identitätsstiftend wirken, können auch ideelle und kulturelle Werte der Schweiz von zunehmenden Veränderungen betroffen sein. Die Veränderungen der Attraktivität der Landschaft werden insgesamt als mittlere Klimarisiken bewertet.



Ein Mähdrescher erntet Weizen in der Nähe von Carmangay, Kanada. Im Hintergrund sind Windenergieanlagen zu sehen. Die Auswirkungen des Klimawandels im Ausland können sich über den Import und Export von Gütern stark auf die Schweiz auswirken. Foto: Larry MacDougal / Keystone / AP MCDOL (10.11.2020)

3 Risiken durch den Klimawandel im Ausland

Nicht nur der Klimawandel in der Schweiz birgt Risiken, auch der Klimawandel im Ausland prägt die hiesige Risikolandschaft. Die Schweiz ist über die traditionell starken wirtschaftlichen und politischen Verflechtungen vom Klimawandel im Ausland betroffen. Dies beeinträchtigt die wirtschaftliche Entwicklung in der Schweiz.

3.1 Risiken im Überblick

Der Klimawandel ist ein globales Phänomen mit Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft. In einer globalisierten Welt können sich die Auswirkungen des Klimawandels irgendwo auf der Welt über wirtschaftliche, politische und soziale Verflechtungen auch auf die Schweiz auswirken. Als offene Volkswirtschaft steht die Schweiz mit Akteuren aus verschiedensten Ländern der Welt in Beziehung, weshalb sie vom Klimawandel im Ausland besonders betroffen ist. Zusammen mit den Risiken im Inland ergibt sich eine komplexe Risikolandschaft mit vielfältigen Abhängigkeiten und Rückkoppelungen.

Viele klimabedingte Auswirkungen im In- und Ausland können sich aus Sicht der Schweiz als systemische Risiken manifestieren. Darunter werden Risiken verstanden, die durch Klimagefahren unterschiedlicher Art wie Hitze, Trockenheit oder Starkniederschläge im In- und Ausland entstehen oder verstärkt werden und über lange Prozessketten ganze Systeme tangieren können. Häufig sind solche systemischen Risiken auch die Folge von kombinierten Risiken, bei denen mehrere Gefahren räumlich überlappend und gleichzeitig oder nacheinander auftreten (siehe Kapitel 4).

Die Thematik der systemischen Risiken und der Auswirkungen des Klimawandels über Landesgrenzen hinweg hat in den letzten Jahren international und auch in der Schweiz zunehmend an Bedeutung gewonnen. So hat Grossbritannien den klimabedingten Zusammenbruch von Lieferketten und Verteilnetzwerken sowie generell Klimarisiken im Ausland als zwei der acht prioritären Risikobereiche definiert.¹¹³ Für Deutschland wurden die Auswirkungen des Klimawandels auf den Aussenhandel beziffert und als mindestens so relevant bewertet wie die direkten Auswirkungen im Inland.¹¹⁴ Auch die europäische Risikoanalyse adressiert mit den Risikobereichen «Störungen kritischer Infrastrukturen», «Unterbrechungen internationaler Lieferketten» sowie «Finanzkrisen und Instabilität» gleich mehrere systemische Risiken.¹⁷ Für die Schweiz wurde 2018 eine breite Auslegeordnung zu den Auswirkungen des globalen Klimawandels auf die Handelsbeziehungen und die Aussenpolitik der Schweiz gemacht.¹¹⁵ Im Rahmen des Programms NCCS-Impacts werden derzeit in einem Projekt die Auswirkungen des globalen Klimawandels auf die Wirtschaftsleistung der Schweiz sowie auf Lieferketten von wichtigen Rohstoffen, Lebensmitteln und pharmazeutischen Produkten eingehend analysiert.¹¹⁶

Für die Schweiz bestehen relevante systemische Risiken namentlich in den Bereichen «internationale Lieferketten», «grenzüberschreitende Infrastruktursysteme», «globales Finanzsystem» sowie «internationale Sicherheit und Stabilität» (siehe Abbildung 9).

Internationale Lieferketten

Aufgrund der starken wirtschaftlichen Verflechtung können sich Auswirkungen des Klimawandels im Ausland über den Import und Export von Gütern und Dienstleistungen auf die Schweiz auswirken. Im Beschaffungsland kann es zu veränderten Produktionsbedingungen und

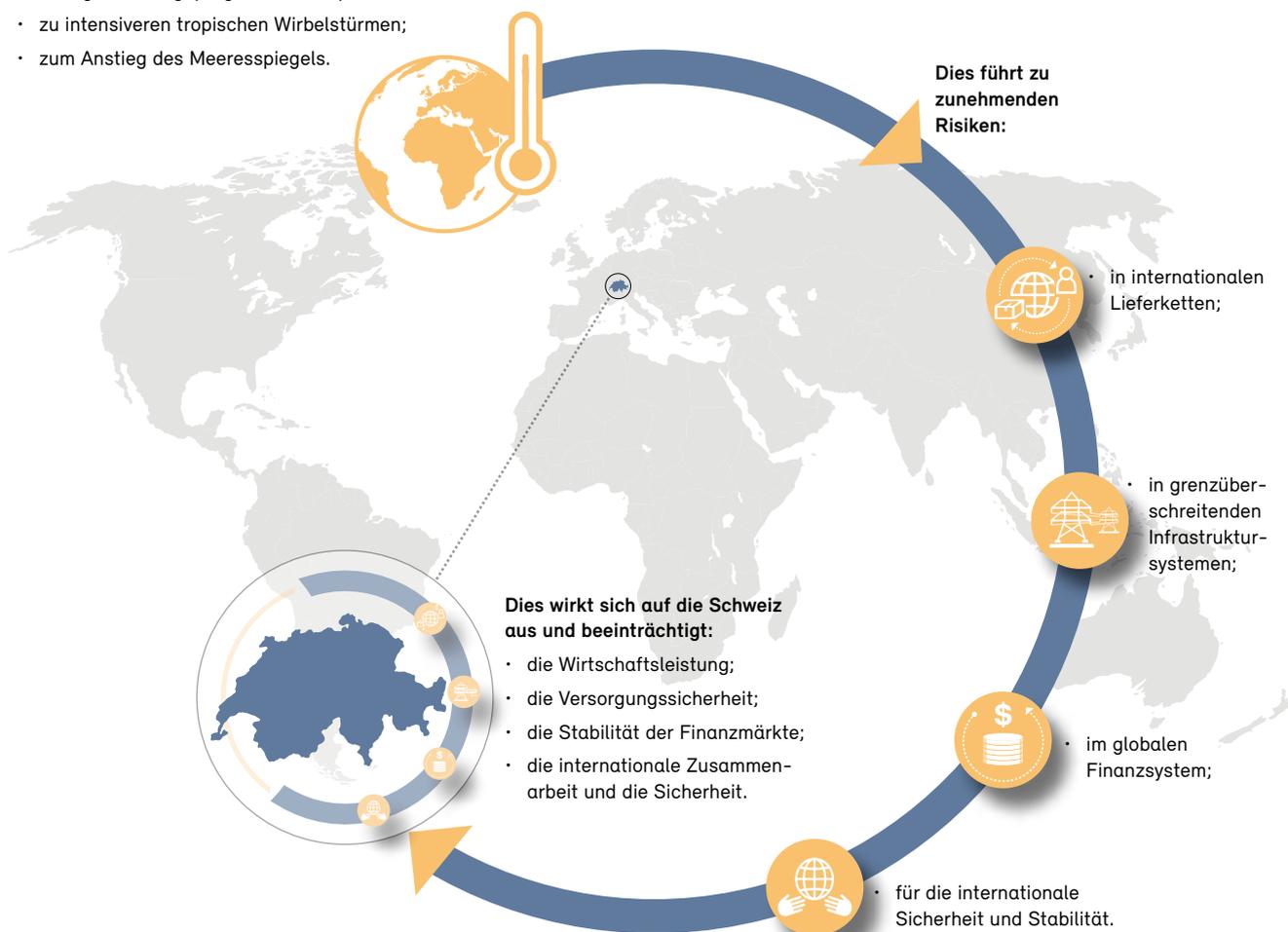
-ausfällen kommen, im Absatzland zu einer Beeinträchtigung der wirtschaftlichen Entwicklung und zu einer veränderten Nachfragestruktur. Die Auswirkungen des Klimawandels in den Beschaffungs- und Absatzländern werden überlagert von übergeordneten wirtschaftlichen Einflüssen und globalen Trends wie der allgemeinen konjunkturellen Entwicklung der Weltwirtschaft, dem Zugang zu Finanzmärkten, den politischen Rahmenbedingungen oder der technologischen Entwicklung. Insbesondere die politische Stabilität bzw. geopolitische Entwicklungen haben einen grossen Einfluss auf die Wirtschaftsleistung.

Abbildung 9

Übersicht zu Risiken für die Schweiz durch den Klimawandel im Ausland

Der globale Klimawandel führt:

- zu zunehmenden Hitzeextremen;
- zu intensiveren Starkniederschlägen;
- zu regional ausgeprägten Trockenperioden;
- zu intensiveren tropischen Wirbelstürmen;
- zum Anstieg des Meeresspiegels.



Die Beeinträchtigungen von Lieferketten können verschiedene Folgen haben. Sie reichen von steigenden Preisen, erhöhter Preisvolatilität und Qualitätsschwankungen bei Importgütern, höheren Transportkosten, reduzierten Exporten in klimaxponierte Länder bis hin zur Beeinträchtigung der Versorgungssicherheit mit wichtigen Gütern wie Nahrungsmitteln, Medikamenten oder kritischen Rohstoffen.¹¹⁵ Aufgrund der zentralen Bedeutung der Nahrungsmittelversorgung als Teil der Grundversorgung wird diesem Thema in Kapitel 3.2 ein Schwerpunkt gewidmet.

Eine generelle Einschätzung der Bedeutung dieser Risiken für die Schweiz ist aufgrund der Vielfalt der gehandelten Güter und Dienstleistungen sowie der Import- und Exportländer derzeit kaum möglich. Risiken bestehen aber vor allem für Unternehmen und Branchen mit einem hohen Exportanteil in anfällige Länder oder einer hohen Abhängigkeit von Gütern aus klimasensitiven Regionen. Erste quantitative Analysen für Deutschland zeigen, dass Klimafolgen, die ausserhalb Europas entstehen, die deutsche Wirtschaft über den Welthandel noch stärker treffen könnten als die direkten Auswirkungen auf die Wirtschaft in Deutschland selbst. Dieser Effekt ist darauf zurückzuführen, dass EU-Regionen weniger stark von den direkten Folgen des Klimawandels betroffen sind als der Rest der Welt.¹¹⁴

Grenzüberschreitende Infrastruktursysteme

Verkehrs-, Energie- und Kommunikationsinfrastrukturen sind zunehmend extremen Ereignissen wie Hitze, Überschwemmungen oder Erdbeben ausgesetzt. Diese Infrastrukturen sind oft Teil eines zusammenhängenden, grenzüberschreitenden Netzes, sodass sich ein Ausfall oder eine Störung an einem Punkt des Netzes auf das gesamte System auswirken kann. Das Funktionieren dieser Infrastrukturen kann durch direkte physische Schäden, durch verringerte Übertragungskapazitäten oder durch Ausfälle aufgrund von Kaskadeneffekten gestört werden.¹⁷ Potenziell relevante Risiken für die Schweiz sind die Beeinträchtigung der Strom- und Energieversorgungssicherheit sowie damit zusammenhängend die Beeinträchtigungen von Informations- und Kommunikationstechnologien. Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Stromversorgung werden aufgrund potenziell gravierender Folgen für Wirtschaft und Gesellschaft in der Schweiz in Kapitel 3.3 vertieft.

Globales Finanzsystem

Wirtschaftliche Verluste durch wetter- und klimabedingte Extremereignisse wirken sich in vielfältiger Weise auf die öffentlichen Finanzen, Banken, Versicherer, Investoren und Finanzmärkte aus. Das Finanzsystem selbst stellt wiederum wichtige Finanzdienstleistungen und Vermögenswerte für die Realwirtschaft bereit. Potenzielle klimabedingte Schocks auf die Volkswirtschaft können sich kaskadenartig über das Finanzsystem ausbreiten (zum Beispiel über eine erhöhte Rate nicht bedienter Kredite) und dessen Funktion als Transaktions- und Finanzierungsinstrument für die Realwirtschaft beeinträchtigen.¹⁷ Der Klimawandel wird deshalb global zunehmend als ernsthaftes Risiko für die Stabilität der Finanzmärkte eingeschätzt.¹¹⁷ Die EU schätzt die Klimarisiken für die öffentlichen Finanzen, die europäischen Finanzmärkte und die europäischen Immobilien- und Versicherungsmärkte als erheblich ein und erwartet, dass diese Risiken in Zukunft deutlich zunehmen werden.¹⁷ Auch wenn spezifische Analysen für die Schweiz derzeit fehlen, ist davon auszugehen, dass dies auch für die Schweiz gilt. Die Beeinträchtigung des Finanzsystems hätte Wirkung weit über die Schweiz hinaus: Der Finanzplatz Schweiz ist weltweit das wichtigste Zentrum für grenzüberschreitende Vermögensverwaltung,¹¹⁸ und der Versicherungsmarkt Schweiz gehört global zu den zwanzig grössten.¹¹⁹

Internationale Sicherheit und Stabilität

In vielen Entwicklungsländern werden Hitzewellen, Trockenheitsperioden, schneearme Winter, Starkniederschläge und extreme Stürme in den kommenden Jahrzehnten häufiger und extremer.¹²⁰ Solche Extremereignisse, aber auch die Auswirkungen schleichender Veränderungen wie zunehmende Durchschnittstemperaturen und der steigende Meeresspiegel, deren Veränderungen heute schon spürbar sind, beeinträchtigen das Wohlbefinden, die Gesundheit und die Lebensgrundlagen von Menschen. Besonders betroffen sind arme Menschen und Menschen mit hoher Abhängigkeit von natürlichen Ressourcen, die meist über wenig Anpassungskapazität verfügen.¹²⁰ Wo sich Klimarisiken mit sozioökonomischen Entwicklungen und fragilen Kontexten überlagern, wird der Klimawandel zu einem potenziellen Multiplikator von gewalttätigen Konflikten und Migrationsströmen.¹¹⁵ Der Klimawandel gefährdet nicht nur die Zielerreichung der

Entwicklungszusammenarbeit, sondern kann sich auch auf die internationale Sicherheit und Stabilität und damit auch auf die Schweiz auswirken.

3.2 Auswirkungen auf die Nahrungsmittelversorgung

Die Nahrungsmittelversorgung in der Schweiz ist stark von Importen abhängig. Die Auswirkungen des Klimawandels im Ausland können sich in Preissteigerungen, Qualitätsschwankungen und Lieferverzögerungen bemerkbar machen. Da die Mehrheit der Produktimporte aus weniger vulnerablen Ländern stammen und Nahrungsmittel gut substituiert werden können, ist die Nahrungsmittelversorgung als Ganzes nicht beeinträchtigt. Bei klimasensitiven Produkten wie Kaffee spielt der Klimawandel jedoch zunehmend eine Rolle.

Das Ernährungssystem umfasst alle Bestandteile und Aktivitäten, die sich auf die Produktion, die Verarbeitung, den Vertrieb und den Konsum von Lebensmitteln beziehen. Der Klimawandel wirkt sich auf all diese Ebenen des Ernährungssystems aus und beeinflusst damit die Nahrungsmittelversorgung.

Niederschlagsänderungen, Temperaturanstieg, Extremereignisse, Trockenheit und knappe Wasserverfügbarkeit beeinflussen insbesondere die landwirtschaftliche Produktion inklusive Vorleistungsgüter wie Saatgut, Futtermittel oder Dünger weltweit stark. Der Klimaeinfluss ist dabei je nach Produkt und Produktionsgebiet sehr unterschiedlich.

Auf der Stufe Transport, Verarbeitung und Lagerung von Nahrungsmitteln können tiefe Pegelstände aufgrund von Trockenheit die für den Nahrungsmittelimport relevanten Transportwege beeinträchtigen – unter anderem die Rheinschifffahrt oder den Panamakanal – und die Importe damit verteuern. Potenziell denkbar sind auch klimabedingte Unterbrechungen von Kühlketten, z. B. durch Schäden an der Strominfrastruktur infolge von Extremereignissen, die lokal die Verfügbarkeit von Nahrungsmitteln und damit die Verteilung und den Konsum beeinträchtigen können.

Die Risiken für die Nahrungsmittelversorgung der Schweiz umfassen somit die Veränderung von Verfügbarkeit,

Qualität, Preis von Vorleistungen und landwirtschaftlichen Produkten, Lieferverzögerungen und Versorgungsengpässe. Klimatische und nicht-klimatische Faktoren überlagern sich in hohem Mass und prägen im Zusammenspiel die Risiken für die Nahrungsmittelversorgung. Nicht-klimatische Faktoren wie Bevölkerungswachstum, geopolitische



Der Manager einer Kaffeefarm inspiziert von Frost geschädigte Kaffeepflanzen, nachdem am 3. Juli 2021 ein starker Kälteeinbruch den Süden von Brasilien traf.

Foto: Cassio Roosevelt / Reuters

Auswirkungen auf die Lieferketten von Kaffee

Die Schweiz ist eine wichtige Akteurin im weltweiten Kaffeehandel. Im Jahr 2022 wurden rund 225 000 Tonnen Rohkaffee in die Schweiz importiert, vor allem aus Brasilien.¹²⁶ Knapp die Hälfte wird veredelt, geröstet und wieder exportiert. Der Warenwert der Exporte betrug 2022 rund 3,3 Mrd. CHF.¹²⁶ Damit zählt die Schweiz zu den fünf grössten Kaffeexporteuren der Welt. Kaffee wird zudem in der Schweiz als Grundversorgungsgut eingestuft und ist Teil des Pflichtlagersortiments.¹²⁹ Im Jahr 2021 waren brasilianische Kaffeepflanzen von einer Dürre, gefolgt von einem strengen Frost, betroffen. Dabei wurden rund 200 000 Hektaren Kaffeepflanzen zerstört.¹³⁰ Die weltweiten Grosshandelspreise für Kaffee schnellten in die Höhe, was sowohl die Konsumentinnen und Konsumenten wie auch der Handel zu spüren bekamen. Der zusammengesetzte Indikatorpreis der Internationalen Kaffeeorganisation (ICO) stieg allein im November 2021 gegenüber dem Vorjahr um 78 Prozent.¹³¹

Krisen, Handelsrestriktionen, Konzentrationen im globalen Nahrungsmittelsystem, Änderung von Konsumgewohnheiten oder Verlust von Agrarland durch andere Flächennutzungen wirken sich auf alle Wertschöpfungsstufen des Ernährungssystems aus und spielen eine zentrale Rolle für die Nahrungsmittelversorgung in der Schweiz.

Klimasignal

Bei systemischen Risiken wie der Nahrungsmittelversorgung wirken nicht nur einzelne Klimasignale isoliert auf die einzelnen Stufen des Ernährungssystems. Vielmehr ist das Zusammenspiel mehrerer klimabedingter Gefahren entscheidend. Generell ist die landwirtschaftliche Produktion stark von klimatischen Faktoren abhängig. Wie in der Schweiz spielen in der globalen Produktion namentlich Niederschlagsänderungen, Temperaturanstieg, Extremereignisse, Trockenheit und knappe Wasserverfügbarkeit eine wichtige Rolle. Von besonderer Relevanz für die Nahrungsmittelversorgung in der Schweiz sind jene Klimaveränderungen, die wichtige Beschaffungsländer und Güter tangieren, grossräumig sind oder besonders klimasensitive Güter betreffen. Beispielhaft zu nennen sind etwa anhaltende Trockenheit und Dürren im Mittelmeerraum, aus welchem die Schweiz viel Gemüse und Obst importiert (siehe Abschnitt Exposition und Vulnerabilität). Der Klimawandel hat Dürren im Mittelmeerraum intensiviert,¹²¹ und es wird erwartet, dass der Landwirtschaftssektor in Europa künftig vermehrt von grossräumigen, schweren und anhaltenden Dürren betroffen sein wird.¹⁷ Ein weiteres Beispiel für relevante Klimasignale sind schleichende Veränderungen in Verteilung und Variabilität von Niederschlägen und steigende Temperaturen in Kaffeeproduktionsländern in Zentral- und Südamerika, unter anderem in Brasilien, dem weltweit grössten Kaffeeproduktionsland. Die für den Kaffeeanbau geeigneten Gebiete werden weltweit in allen relevanten Produktionsgebieten bis 2050 drastisch abnehmen. Diese negativen Veränderungen der Eignung werden hauptsächlich durch steigende Jahresmitteltemperaturen verursacht.¹²²

Zusätzlich zur landwirtschaftlichen Produktion in Importländern können Klimasignale auch die für Agrarimporte wichtigen Transportrouten tangieren. Eine Trockenheit in Mittelamerika im Jahr 2023 führte beispielsweise dazu,

dass im Panamakanal der Schiffsverkehr eingeschränkt werden musste.¹²³

Exposition und Vulnerabilität

Der Selbstversorgungsgrad der Schweiz bewegte sich in den letzten Jahren (2010–2021) inklusive importierter Futtermittel zwischen 52 und 64 Prozent. Bei pflanzlichen Nahrungsmitteln lag der Selbstversorgungsgrad im Jahr 2021 bei 33 Prozent, bei tierischen Nahrungsmitteln bei 95 Prozent.¹²⁴ Ein beträchtlicher Anteil der Inlandproduktion tierischer Nahrungsmittel beruht auf importierten Futtermitteln. Dies bedeutet, dass die Nahrungsmittelversorgung in der Schweiz in hohem Mass von Nahrungs- und Futtermittelimporten abhängig und gegenüber Klimaveränderungen in Herkunftsländern exponiert ist. Steigen die Klimafolgen in der landwirtschaftlichen Produktion, kann dies potenziell grosse Auswirkungen auf die Nahrungsmittelversorgung in der Schweiz haben.

72 Prozent der Agrarimporte stammten 2022 aus der EU, die wichtigsten Importländer waren Deutschland, Italien und Frankreich.¹²⁴ Deren Vulnerabilität bezogen auf Klimarisiken, aber auch nicht-klimatische Faktoren wie Regierungsführung oder Exportkapazität, wird heute als gering eingestuft.¹²⁵ Je nach importierten Produkten zeigt sich ein differenziertes Bild.

Bei Getreide (inkl. Reis) lag der Selbstversorgungsgrad im Jahr 2021 bei 46 Prozent.¹²⁶ Die wichtigsten Importländer für Weizen (Deutschland und Österreich für Weichweizen und Kanada für Hartweizen)¹²⁷ werden insgesamt als wenig vulnerabel gegenüber klimatischen und nicht-klimatischen Faktoren eingestuft. Demgegenüber ist der Reisanbau in wichtigen Importländern (Italien, Thailand, Indien) potenziell von veränderten Niederschlagsverhältnissen betroffen, da Reis einen hohen Wasser- bzw. Bewässerungsbedarf hat.

Für Ölsaaten, welche für die Nahrungsmittelversorgung eine zentrale Rolle spielen, werden die Importe aufgrund der Konzentration auf wenige exportierende Länder als vulnerabel eingestuft.¹²⁵ Treten in jenen Ländern klimatische Veränderungen oder Ernteverluste aufgrund von Schadorganismen auf, können die Auswirkungen auch in der Schweiz spürbar sein.

Bei Gemüse und Früchten weist die Schweiz mit 39 bzw. 22 Prozent ebenfalls einen tiefen Selbstversorgungsgrad auf.¹²⁶ Wichtige Importländer für Gemüse und Früchte sind Spanien und Italien, wo aufgrund von zunehmender Trockenheit und Wassermangel die Produktion zunehmend gefährdet ist. Allerdings wird die Substituierbarkeit bei Gemüse und Früchten als hoch eingeschätzt, da auf andere Sorten ausgewichen werden kann.

Und schliesslich importiert die Schweiz auch weitverbreitete Produkte, die in tropischen Regionen angebaut werden, wie Kaffee, Kakao und Bananen. Namentlich die Kaffeeproduktion kann durch Variabilität von Niederschlägen und steigende Temperaturen beeinträchtigt werden. Aber auch Kakaobohnen, welche hauptsächlich aus Ghana und Ecuador importiert werden,¹²⁸ reagieren empfindlich auf verschobene Regenzeiten.

Aufgrund der Vielfalt der für die Nahrungsmittelversorgung wichtigen Produkte und der unterschiedlichen Importabhängigkeiten und Produktionsländer lässt sich keine generelle Einschätzung zur Entwicklung von Exposition und Vulnerabilität machen. Es ist allerdings davon auszugehen, dass der Selbstversorgungsgrad künftig etwa ähnlich sein wird³⁰ und Klimarisiken im Ausland auf Produktion und Transport von Nahrungsmitteln eine zunehmend wichtige Rolle spielen. Exposition und Vulnerabilität in der Nahrungsmittelversorgung lassen sich allerdings durch verschiedene Anpassungen mindern. So können durch die Diversifizierung von Zulieferketten die Risiken gestreut und die Stabilität des Systems verbessert werden.¹¹⁵ Möglich ist in vielen Produktgruppen wie beispielsweise Gemüse und Früchten auch die Substitution besonders vulnerabler Produkte, ohne dass die Lebensmittelversorgung insgesamt tangiert ist. Schliesslich besteht bei lang haltbaren Produkten, die für die Grundversorgung essenziell sind, auch die Möglichkeit, Lagerkapazitäten zu schaffen bzw. auszubauen, um kurzzeitige Engpässe zu überbrücken. Die Ernährungspflichtlager in der Schweiz umfassen unter anderem Getreide, Speiseöl und -fette oder Kaffee sowie Produktionsfaktoren wie Dünger und Futtermittel, mit denen der Bedarf von mehreren Monaten gedeckt werden kann.¹²⁹

Klimarisiken

Der Klimawandel kann sich auf sämtliche Stufen des Ernährungssystems direkt und indirekt auswirken und mit

nicht-klimatischen Faktoren interagieren. Die Schweiz ist aufgrund des tiefen Selbstversorgungsgrads einerseits gegenüber dem Klimawandel im Ausland besonders exponiert, andererseits aber für den Fall klimabedingter Produktionsausfälle im Inland dank Importmöglichkeiten aus dem Ausland auch gut gewappnet, diese Risiken abzufedern. Je nach Produkt, Produktionsort und Interaktion zwischen Klimarisiken im In- und Ausland können die Risiken unterschiedlich ausfallen. Besonders hoch sind die Risiken potenziell bei klimasensitiven Produkten wie etwa Kaffee und Produkten, bei denen eine hohe Marktkonzentration herrscht. Risiken äussern sich vor allem in Form von Qualitätseinbussen, Verteuerung der Importe oder Lieferverzögerungen. Von eigentlichen klimabedingten Versorgungsengpässen bzw. kritischen Einschränkungen in der Nahrungsmittelversorgung ist die Schweiz kaum betroffen. Dies hängt unter anderem mit der hohen Kaufkraft und entsprechenden Möglichkeiten zusammen, Produkte auch zu erhöhten Preisen auf dem Weltmarkt zu beschaffen. Die Nahrungsmittelimporte werden heute trotz Klimasignal insgesamt als wenig vulnerabel eingeschätzt, was in erster Linie damit zu tun hat, dass die wichtigsten Importländer stabil und von Klimaveränderungen vergleichsweise wenig betroffen sind. Weiter lässt der globale Markt die weitgehende Substitution durch andere Produktionsländer oder Produkte zu. Mit zunehmendem Klimawandel können sich die Risiken allerdings akzentuieren.

3.3 Auswirkungen auf die Stromversorgung

Die Stromversorgung der Schweiz hängt heute insbesondere im Winter von Stromimporten ab. Klimarisiken in ausländischen Stromsystemen können sich deshalb auf die Stromversorgung in der Schweiz auswirken und im schlimmsten Fall zu Netzausfällen führen. Die Einbettung der Schweiz ins europäische Verbundnetz führt aber im Allgemeinen zu einer Stabilisierung des Systems. Durch den forcierten Ausbau der erneuerbaren Energien mit ihren oft saisonalen Produktionsmustern dürfte dies zukünftig noch wichtiger werden.

Eine sichere Stromversorgung bedeutet, dass die national und international verfügbaren Kraftwerke sowie die Stromnetze, welche den Transport und die Verteilung der produzierten Elektrizität bewerkstelligen, jederzeit in der Lage sind, die Nachfrage nach Strom zu decken.¹³² Der Klimawandel wirkt

sich über verschiedene Mechanismen sowohl auf die Stromproduktion, das Stromnetz wie auch auf die Stromnachfrage aus und beeinflusst damit die Stromversorgung. Weil die Schweiz eng in das europäische Verbundnetz eingebunden ist, sind für die zukünftige Schweizer Stromversorgung nicht nur die klimabedingten Veränderungen innerhalb der Schweiz von zentraler Bedeutung, sondern auch jene im (nahen) Ausland. Dabei ist die Schweiz heute insbesondere im Winter von Stromimporten abhängig, während im Sommer in der Regel Strom exportiert werden kann.⁵¹

Verschiedene Auswirkungen des Klimawandels, insbesondere Hitzeperioden, Trockenheit sowie Hochwasserereignisse und gravitative Massenbewegungen, beeinflussen die Stromproduktion. Der konkrete Einfluss ist dabei je nach Stromproduktionsform sehr unterschiedlich. Auf Ebene der Stromübertragungsnetze können insbesondere Extremereignisse Leitungsausfälle verursachen und damit Instabilitäten im Gesamtnetz verursachen. Nicht zuletzt ist auch die Stromnachfrage klimabedingten Veränderungen ausgesetzt, insbesondere in Bezug auf einen steigenden Kühlenergiebedarf im Sommer.

Durch den Ausbau der Stromproduktion aus erneuerbaren Energiequellen wird sich die Stromversorgung und deren Verwundbarkeit gegenüber klimatischen Einflussfaktoren in den kommenden Jahrzehnten verändern. Eine umfassende Untersuchung dieser Entwicklungen wird derzeit im Rahmen eines Forschungsprojektes des Bundes durchgeführt, wobei auch kaskadenartige Auswirkungen auf energieabhängige Infrastrukturen und Netzwerke berücksichtigt werden.¹³³ Die Stromversorgungssicherheit ist zudem auch von der Integration der Schweiz ins europäische Stromsystem abhängig. Dies ist insofern von zentraler Bedeutung, als dem Strom durch den Ausstieg aus den fossilen Energieträgern in Zukunft eine noch grössere Rolle in der Schweizer Energieversorgung zukommt.²²

Klimasignal

Wie bei anderen systemischen Risiken ist auch bei der Stromversorgung eine gesamtheitliche Betrachtung vorzunehmen und das Zusammenspiel mehrerer klimabedingter Veränderungen auf die Stromproduktion, die Stromverteilung und die Stromnachfrage zu berücksichtigen. Im nahen Ausland sind ähnliche klimabedingte Veränderungen zu

erwarten, wie in den vorangehenden Kapiteln für die Schweiz beschrieben wurden.

Europa wird in den kommenden Jahrzehnten von zunehmenden Hitzeperioden, zunehmender Trockenheit (insbesondere in Südeuropa) und häufigeren und intensiveren Extremereignissen geprägt.¹⁷ Diese Veränderungen beeinflussen auch die Stromversorgung in den verschiedenen Ländern. Hitzeperioden erhöhen den Kühlenergiebedarf und erschweren gleichzeitig den Betrieb von Kern-, Kohle- und Gaskraftwerken, welche mit Flusswasser gekühlt werden.¹⁷ Trockenheit akzentuiert diese Herausforderungen flusswassergekühlter thermischer Kraftwerke und schränkt gleichzeitig auch die Wasserkraftproduktion ein, insbesondere jene von Laufwasserkraftwerken.³⁴ Zudem können vermehrt Waldbrände auftreten, die die Übertragung und Verteilung von Strom beeinträchtigen.¹⁷

Auch Extremereignisse im (nahen) Ausland, die den Betrieb von Kraftwerken oder des Stromnetzes (insbesondere auch von Unterwerken) beeinträchtigen, können sich auf die Schweiz auswirken. Dies können beispielsweise die durch zunehmend extremere Starkniederschläge ausgelösten Hochwasser oder gravitative Massenbewegungen, aber auch Stürme sein. Während die zukünftige Entwicklung von Windextremen in der Schweiz noch weitgehend unklar ist, gibt es Hinweise darauf, dass Stürme nördlich der Schweiz mit dem Klimawandel an Intensität gewinnen.⁵ Im Gegensatz zu den durch die kleinskalige Topografie geprägten Stürmen in der Schweiz haben Stürme in Nordeuropa zum Teil eine Breite von mehreren Hundert Kilometern. Falls solche grossen Sturmsysteme in Zukunft intensiver auftreten würden, könnten Windproduktionskapazitäten in der Ost- und Nordsee und das Stromübertragungsnetz von einem einzelnen grossen Sturm stark beeinträchtigt werden. Neben der Windkraftproduktion ist auch die Produktion von Solarenergie stark von der momentanen Witterung abhängig. Noch gibt es keine gefestigten Hinweise darüber, ob grossflächige und persistente Wetterlagen, welche die Sonneneinstrahlung längerfristig beeinflussen, in Europa mit dem Klimawandel in den nächsten Jahrzehnten zu- oder abnehmen werden. Besonders heikel wäre die Situation, wenn zeitgleich auch wenig Strom aus Windkraft gewonnen werden kann (sogenannte «Dunkelflaute»).

Exposition und Vulnerabilität

Das Stromversorgungssystem der Schweiz steht vor grossen Veränderungen. Gemäss den Energieperspektiven 2050+ des Bundesamts für Energie wird sich die Schweiz im Jahr 2050 fast vollständig mit erneuerbarer Energie versorgen.²² Heute wie in Zukunft werden dabei Stromimporte und -exporte eine wichtige Rolle spielen. Das Schweizer Stromsystem ist physisch stark mit dem europäischen Stromsystem vernetzt. Heute gibt es 41 grenzüberschreitende Leitungen mit einer Netzkapazität von 10 Gigawatt (Export) bzw. 7 Gigawatt (Import).²² 2022 wurde insgesamt mehr Strom importiert als exportiert (rund 6 Prozent des Verbrauchs). Ob Importe oder Exporte in der Jahresbilanz überwiegen, variiert jedoch über die Jahre.¹³⁴ Die Schweiz ist heute insbesondere in den Wintermonaten von Stromimporten abhängig.⁵¹ Die Stromübertragungsinfrastruktur unterliegt dabei schon heute grossen Belastungen.

Im Verlauf der nächsten Jahrzehnte wird die Schweiz durch das absehbare Betriebsende der mit Flusswasser gekühlten Kernkraftwerke voraussichtlich noch mehr Strom importieren müssen.²² Damit dürfte die Vulnerabilität gegenüber klimabedingten Auswirkungen im Ausland ansteigen. Bis 2050 wird sich die Bilanz von Importen und Exporten durch den Ausbau der erneuerbaren Stromproduktion und der Wasserkraftproduktion über das ganze Jahr aber zunehmend ausgleichen. Importe und Exporte werden aber auch zukünftig wichtig sein: Die Schweiz kann flexiblen Strom aus der Wasserkraft liefern und insbesondere im Sommer potenziell Überschüsse exportieren, während in Europa vielerorts auf die Windenergie mit hohen Winteranteilen gesetzt wird, wovon wiederum die Schweiz profitieren kann.²² Weil sich die verschiedenen Energiequellen komplementieren, ist es umso wichtiger, dass die Schweiz in den europäischen Strommarkt integriert bleibt und der Ausbau der nationalen und internationalen Übertragungs- und Netzkapazitäten vorangetrieben wird. Derzeit besteht aber keine rechtliche Absicherung für ein Stromabkommen mit der EU.¹³⁵ Auch ob ein Ausbau des Stromübertragungsnetzes innerhalb der Schweiz gelingt, um den volatilere Lastflüssen von erneuerbaren Energien gerecht zu werden, ist derzeit noch nicht klar. Durch Digitalisierung und intelligentes Management von Lastflüssen und des Verbrauchs kann das Stromsystem innerhalb der bestehenden Infrastruktur teilweise optimiert

und die Resilienz erhöht werden. Gesamthaft wird trotzdem mit einer erhöhten Vulnerabilität des Stromversorgungssystems für die kommenden Jahrzehnte gerechnet.

Klimarisiken

Der Klimawandel kann sich auf die Stromproduktion, die Stromübertragungsnetze und die Stromnachfrage im In- und Ausland auswirken. Ob sich dies zukünftig in zunehmenden Risiken für die Stromversorgung in der Schweiz manifestiert, ist nicht nur abhängig von zunehmenden Hitzeperioden, Trockenheitsperioden und anderen Extremereignissen, sondern auch eine Frage der Fähigkeit des zukünftigen Stromversorgungssystems, Schwankungen in der Stromproduktion und -nachfrage auszugleichen. Heute können Schwankungen über den Import und Export von Strom europaweit effizient ausgeglichen werden. Durch den Ausbau der erneuerbaren Energien wird sich die Variabilität der Stromproduktion in den kommenden Jahrzehnten allerdings erhöhen. Um diesen Belastungen gerecht zu werden, müssen die Netzkapazitäten innerhalb der Schweiz, aber auch die grenzüberschreitenden Netzkapazitäten weiter ausgebaut werden. Gelingt dies nicht, oder wird die Schweiz gar komplett vom europäischen Strommarkt entkoppelt, würde die Stromversorgung der Schweiz zunehmend vulnerabler gegenüber klimatischen Einflussgrössen wie Trockenheit und Stürmen, weil klimabedingte Schwankungen oder Schocks durch Extremereignisse nur unzureichend durch die Einbindung ins europäische Verbundnetz ausgeglichen werden könnten. Strom ist eine elementare Grundlage des wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Lebens. Vermehrte und länger dauernde Stromausfälle, aber auch temporäre Abschaltungen von Industrien, um Stromausfälle zu verhindern, wären mit sehr hohen Kosten verbunden.



Feuerwehrleute löschen das Feuer des Waldbrandes oberhalb von Bitsch im Oberwallis. Von Waldbränden betroffene Hänge bleiben bei Starkniederschlagsereignissen über mehrere Jahre anfällig auf Bodenerosion und Murgänge. Solche Kombinationen von Gefahren können die Auswirkungen eines Ereignisses verstärken.
Foto: Jean-Christophe Bott / Keystone (28.7.2023)

4 Unerwartete Ereignisse und kombinierte Risiken

Viele Risiken des Klimawandels lassen sich nur schwer abschätzen, da sie wenig wahrscheinlich sind, sich überraschend ereignen oder eine Folge von komplexen Interaktionen von klimatischen und nicht-klimatischen Treibern sind. Werden Abhängigkeiten und mögliche Folgen von solchen extremen Ereignissen nicht berücksichtigt, können Risiken unterschätzt werden.

Die Klima-Risikoanalyse legt in Kapitel 2 einen Schwerpunkt auf einzelne klimabedingte Veränderungen und deren Auswirkungen auf die Schweiz. Häufig ergeben sich Risiken jedoch aus der Kombination mehrerer Gefahren, die sich räumlich und zeitlich überlagern oder nacheinander auftreten, sowie aus der Wechselwirkung zwischen klimatischen und nicht-klimatischen Faktoren. Risikotreiber können sich gegenseitig verstärken, und Auswirkungen können sich über geografische oder sektorale Grenzen hinweg kaskadenartig ausbreiten. Zudem macht es der fortschreitende Klimawandel wahrscheinlicher, dass Extreme auftreten, die ausserhalb des Bereichs bisher beobachteter Ereignisse liegen, und im Gesamtsystem sogenannte Kippunkte erreicht werden, an welchen sich der Systemzustand abrupt ändert. Diese Arten von Risiken sind schwer abzuschätzen, da sie oft wenig wahrscheinlich sind und durch sehr grosse Unsicherheiten sowie potenziell weitreichende Konsequenzen charakterisiert sind.

Extreme Extremereignisse

Nebst den wahrscheinlichen Klimasignalen, die den sektorübergreifenden Herausforderungen (Kapitel 2) zugrunde liegen, können sich unter veränderten Klimabedingungen auch Extremereignisse ausbilden, die sehr selten, aber mit grossen Schäden verbunden sind – in der Folge «extreme Extremereignisse» genannt. Diese sind mit grossen Unsicherheiten behaftet und lassen sich im Rahmen heutiger Klimamodelle kaum reproduzieren. Sie sind jedoch möglich und werden in anderen Teilen der Welt bereits beobachtet.

So wurde der Westen Nordamerikas im Juni 2021 von einer Hitzewelle heimgesucht. In Kanada stiegen die

Temperaturen lokal auf fast 50 Grad Celsius. Die bisherigen Temperaturrekorde wurden um mehrere Grade übertroffen. Ein solcher Extremwert wäre aufgrund der bisherigen Messungen nicht für möglich gehalten worden. Ähnliche Temperaturrekorde jenseits der bisherigen Höchstwerte wurden 2022 in China oder im Grossraum London erreicht. Das wissenschaftliche Verständnis solcher extremer Extremereignisse ist noch wenig entwickelt, wird aber zunehmend verbessert. Unter anderem wird mit der Methode des «ensemble boosting» im Rahmen bestehender Klimamodelle gezielt nach solchen extremen Extremereignissen gesucht.¹³⁶

Kombinationen von klimabedingten Gefahren

Auch Kombinationen von Gefahren können dazu führen, dass die Auswirkungen bzw. die Risiken verstärkt werden. Es handelt sich dabei entweder um kritische Abfolgen oder aussergewöhnliche Häufungen von bestimmten Gefahren. Es können unterschiedliche Typen von Kombinationen differenziert werden:¹³⁷

- **Ereignisse unter bestimmten Vorbedingungen:** Liegen bereits bestimmte klimatische Vorbedingungen vor, können eine oder mehrere Gefahren die Auswirkungen verstärken. Beispiele hierfür sind Starkniederschläge auf bereits gesättigte Böden oder Regen auf Schnee.
- **Gleichzeitiges Eintreten mehrere Ereignisse:** Treten mehrere Gefahren bzw. klimatische Extremereignisse in derselben geografischen Region gleichzeitig auf, können die Auswirkungen ebenfalls verstärkt werden. Dazu gehören beispielsweise die Kombination von Trockenheit und Hitze oder von Starkniederschlägen und Windextremen etwa bei Gewittern.

- **Zeitlich zusammenhängende Ereignisse:** Kommt es zu einer bestimmten Abfolge von Gefahren in einer geografischen Region, sind besonders gravierende Auswirkungen möglich. Beispiele sind die Häufung von Hitzeperioden oder wiederkehrende Trockenheit über mehrere Jahre oder Jahreszeiten.
- **Räumlich zusammenhängende Ereignisse:** Sind mehrere Weltregionen innerhalb eines beschränkten Zeitraums von denselben oder unterschiedlichen Gefahren betroffen, können sich Auswirkungen in zusammenhängenden Systemen kumulieren. So können sich beispielsweise Klimaextreme auf globaler Ebene auswirken und sich über vielfältige Wirkungsketten auf ganze Systeme wie etwa die Nahrungsmittelversorgung auswirken (siehe Kapitel 3.2).

Besonders relevante Gefahrenkombinationen und mögliche Auswirkungen für die Schweiz sind in der Folge beschrieben:

- **Gleichzeitiges Auftreten von Hitze und Trockenheit:** Temperatur und Niederschlag sind im Sommer oft stark negativ korreliert. Geringe Bodenfeuchte im Frühjahr und Sommer begünstigt das Auftreten von Hitzeperioden im Sommer. Hohe Temperaturen und Trockenheit können insbesondere den Stress für Ökosysteme, Landwirtschaft und Wälder erhöhen. So wird beispielsweise prognostiziert, dass die Kombination von Hitze und Trockenheit in den meisten Teilen Europas zu erheblichen Einbußen in der landwirtschaftlichen Produktion führen wird. In Wäldern kann diese Kombination zu Waldschäden und erhöhter Waldbrandgefahr führen.¹³⁸
- **Lang anhaltende Trockenheit bzw. mehrere aufeinanderfolgende Jahre mit Trockenheit (und Hitze):** Weil trockene Sommer häufiger werden, steigt auch die Gefahr von aufeinanderfolgenden trockenen Jahren. Damit sind auch die Folgen von Trockenheit ausgeprägter, da Wasserspeicher nicht mehr ausreichend aufgefüllt werden, sich Ökosysteme und wasserabhängige Systeme nicht mehr erholen können und langfristig geschädigt werden. In urbanen Gebieten, wo die Systeme auf engem Raum konzentriert sind, können solche Extremereignisse Kettenreaktionen auslösen. In einer Fallstudie für die Stadt Basel wurden Prozessketten modelliert und gezeigt, dass die Wasserverfügbarkeit bei Trockenheit ein Schlüsselement mit potenziell weitreichenden Auswirkungen auf andere Systeme wie Energie und Gesundheit ist. So könnten in einem Worst-case-Szenario nicht nur die Schifffahrt und die Gewässerökologie betroffen sein, sondern auch die Wasserversorgung, insbesondere durch länger anhaltende Verschmutzungen, hohe Verbrauchsspitzen oder Unterbrüche in der Energieversorgung.¹³⁹
- **Starkniederschläge nach Trockenheit:** Trockene Böden können weniger Wasser aufnehmen. Wenn starke Niederschläge auf trockene Böden fallen, ist mit erhöhtem Oberflächenabfluss zu rechnen. In urbanen Gebieten können die Schäden durch Oberflächenabfluss aufgrund des hohen Schadenspotenzials besonders gross sein. Ökosysteme und landwirtschaftliche Kulturen können durch eine Abfolge von Trockenheit und Starkniederschlägen, aber auch durch Hagel und Sturm stark beeinträchtigt werden, da die Resilienz mit jedem Ereignis weiter abnimmt. Insbesondere landwirtschaftlich genutzte Böden sind in solchen Fällen erosionsgefährdet.
- **Trockenheit, Hitze und Sturm:** Extreme Trockenheit über mehrere aufeinanderfolgende Jahreszeiten, verbunden mit Stürmen und hohen Temperaturen, kann vor allem für Ökosysteme weitreichende Folgen haben. Eine Fallstudie im Misox (Graubünden) hat modellhaft aufgezeigt, dass Trockenheit weitere Ereignisse wie Borkenkäferbefall und Waldbrand auslösen kann und damit die Schutzfunktion der Wälder beeinträchtigt wird.¹³⁹ Bei Trockenheit und gleichzeitig starken Winden können sich Waldbrände rasch ausbreiten und zum teilweisen Verlust der Schutzfunktion führen.
- **Hagel und Starkniederschläge:** Bei starken Gewittern mit Hagel und Starkniederschlägen können Hagelkörner Schächte und Abflussrinnen verstopfen, was das Risiko von Schäden durch Oberflächenabfluss zusätzlich erhöht. Eine Hagelschicht am Boden kann auch Fließwege beeinflussen und dazu führen, dass Wasser in Gebäude eindringen kann.¹⁴⁰ Schliesslich kann auch die Gebäudehülle beschädigt werden, sodass Wasser ins Gebäude eintritt. In solchen Fällen richtet das Wasser im Gebäude oft grössere Schäden an als der Hagel.
- **Starkniederschläge nach Waldbränden:** Von Waldbränden betroffene Hänge bleiben über mehrere Jahre anfällig gegenüber Starkniederschlagsereignissen. Da Asche wasserabweisend ist, kann es bei starken Niederschlägen zu verstärkter Erosion und Murgängen kommen. Zudem können lang anhaltende Niederschläge zu Rutschungen führen, da die Stabilisierung durch Bäume wegfällt.

Eine besondere Herausforderung beim Verständnis solcher Kombinationen besteht darin, dass Abhängigkeiten zwischen den verschiedenen Risiken bestehen. Werden diese Abhängigkeiten nicht ausreichend berücksichtigt, können Risiken gesamthaft unterschätzt werden. Deswegen ist es wichtig, nicht nur klimabedingte Einzelrisiken zu betrachten, sondern sich mit potenziell relevanten Kombinationen und Abhängigkeiten systematisch auseinanderzusetzen. Die Gesamtrisiken sind oftmals viel grösser, als ein unabhängiges Auftreten einzelner Risiken vermuten liesse.¹⁴¹

Kipppunkte

Das Klimasystem, die Ökosysteme und das Gesellschaftssystem sind durch nichtlineare Abhängigkeiten und vielfältige Rückkopplungen geprägt. Bei zunehmendem Klimawandel können sich diese Systeme beim Erreichen sogenannter «Kipppunkte» sehr rasch und oftmals auf unerwartete Weise verändern und in einen anderen stabilen Zustand übergehen. Dieser Prozess ist nur begrenzt reversibel: Kippt das System einmal in einen anderen Zustand, reicht es nicht, nur wieder unter das Niveau des Kipppunktes zurückzukehren.¹⁴² Bereits das Überschreiten einzelner Kipppunkte kann weitreichende Konsequenzen haben. Zudem besteht das Risiko, dass durch Rückkopplungsprozesse weitere Kipppunkte überschritten werden und so eine dominoartige Kettenreaktion ausgelöst wird.¹⁴³ Folgende Kipppunkte können in den verschiedenen Systemen unterschieden werden:

- **Kipppunkte im Klimasystem:** Die grossen Eismassen des Erdsystems und die grossräumigen Muster von Luft- und Meeresströmungen weisen Charakteristiken von Kippelementen auf. Dazu gehören etwa die Abschwächung des Nordatlantikstroms, das Abschmelzen der Eisschilde in Grönland und der Westantarktis oder das Auftauen borealer Permafrostböden. All diese Ereignisse können zu einem grundlegenden Wandel des Erdsystems führen.¹⁴³
- **Kipppunkte von Ökosystemen:** Auch Ökosysteme weisen Eigenschaften von Kippelementen auf. Über verschiedene Wechselwirkungen spielen sie eine entscheidende Rolle für das globale und regionale Klima. Wenn z. B. tropische Primärwälder verschwinden, verändern sich

der Wasserhaushalt und die Bodenzusammensetzung, wodurch das lokale Klima trockener wird und sich die Wälder nicht mehr regenerieren können. Globale Beispiele hierfür sind die Umwandlung des Amazonas-Regenwaldes in eine Savanne oder das Absterben borealer Nadelwälder an ihrem südlichen Ende.¹⁴³ Aber auch regional können Ökosysteme bei Überschreiten von Kipppunkten irreversibel in einen anderen Zustand übergehen, mit potenziell massiven Auswirkungen auf die Biodiversität und Ökosystemleistungen.

- **Gesellschaftliche Kipppunkte:** Schliesslich können Klimafolgen in Interaktion mit nicht-klimatischen Faktoren auch komplexe Dynamiken und Umbrüche auf gesellschaftlicher Ebene auslösen. Dies kann weitreichende Folgen auf das politische und gesellschaftliche System, auf die globale Sicherheit und die internationale Stabilität haben. So wäre zumindest denkbar, dass sich eine durch Klimaschäden stark belastete Gesellschaft politisch stark polarisiert, was wiederum das Funktionieren des Staates in der Bewältigung der Krise beeinträchtigen könnte.

Kipppunkte können schon heute Klimawirkungen auf lokaler Ebene verstärken. Wenn beispielsweise Gletscher schneller als erwartet wegschmelzen, weil weniger Neuschnee auf die Gletscher fällt, wird die Rückstrahlung auf der Gletscheroberfläche reduziert, was wiederum das Abschmelzen verstärkt.

Gefährlich werden die Kippeffekte aber vor allem im grossen Massstab und wenn in der Interaktion von Klimasystem, Ökosystemen und gesellschaftlichem System weitere Kipppunkte erreicht werden. Auch wenn sich Kipppunkte kaum exakt bestimmen lassen, müssen deren potenzielle Konsequenzen mitgedacht werden und die Resilienz der Gesellschaft, der Wirtschaft und der natürlichen Umwelt gestärkt werden.



*Oberflächenabfluss in Othmarsingen am 8.6.2016. Die Starkniederschläge konnten vom Boden nicht mehr aufgenommen werden und überschwemmten grosse Teile der Ortschaft.
Foto: Christophe Lienert / Mobilair Lab für Naturrisiken / CC BY-SA 4.0*

5 Fazit

Die Risikolandschaft der Schweiz aufgrund des Klimawandels ist vielfältig. Klimarisiken innerhalb der Landesgrenzen überlagern sich mit Risiken im Ausland, die sich auf die Schweiz auswirken. Schon heute existieren diverse klimabedingte Gefährdungen und damit verbunden grosse Risiken, welche sich in den kommenden Jahrzehnten noch weiter verstärken. Dabei sind alle Sektoren und alle Regionen der Schweiz betroffen.

Der Klimawandel verändert die Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft in vielfältiger Weise. Ziel der Klima-Risikoanalyse ist es, die relevanten Risiken des Klimawandels für die Schweiz zu identifizieren und zu bewerten. Sie soll es insbesondere den politischen Entscheidungsträgern und den Behörden in Bund, Kantonen und Gemeinden ermöglichen, Prioritäten zu setzen und die Anpassung an den Klimawandel auf einer fundierten Wissensbasis zu gestalten. Folgende Schlüsse lassen sich insgesamt aus der Klima-Risikoanalyse ziehen:

Risiken ergeben sich aus dem Zusammenspiel von Klimasignal, Exposition und Vulnerabilität

In der vorliegenden Analyse sind die Risiken die Kombination aus Klimasignal, Exposition und Vulnerabilität. Ein erhöhtes Klimasignal führt nur dann zu einem höheren Risiko, wenn Menschen, Sachwerte oder Ökosysteme exponiert und gegenüber den möglichen Veränderungen verletzlich – sprich vulnerabel – sind. Klimarisiken entstehen somit immer aus einer Kombination von klimatischen und nicht-klimatischen Faktoren.

Bei sehr vielen Risiken zeigt sich insgesamt ein ähnliches Bild: Mit dem Klimawandel intensiviert sich das Klimasignal, d. h., klimabedingte Gefahren wie Hitze oder Trockenheit nehmen zu. Auch die Exposition nimmt in den allermeisten Fällen bis 2060 zu: Es werden mehr Menschen in der Schweiz leben, viele davon auch in Gebieten, die gegenüber den klimabedingten Veränderungen besonders exponiert sind. Beispiele sind hitzebetroffene Städte und Agglomerationen oder Gebiete entlang von Gewässern. Sachwerte dürften mit dem erwarteten Wirtschaftswachstum ebenfalls zunehmen, wodurch die Exposition ebenfalls erhöht wird. Nur bei wenigen Risiken dürfte die Exposition zurückgehen, etwa

die Exposition der Nutztiere gegenüber Hitze, weil die Zahl der Nutztiere gemäss den Zielen des Bundesrats bis 2060 abnehmen dürfte.³⁰ Am schwierigsten abschätzbar sind die Entwicklungen der Vulnerabilität sowie der Einfluss von Anpassungsmassnahmen auf Klimarisiken. In vielen Fällen dürfte die Vulnerabilität sinken, sofern entsprechende Massnahmen rechtzeitig umgesetzt werden und die klimatischen Veränderungen begrenzt bleiben. Beispiele hierfür sind die hitzeangepasste Bauweise von Siedlungen und Gebäuden, trockenheitsresistente landwirtschaftliche Kulturen, die Förderung diversifizierter, hitzeangepasster Wälder, Hochwasserschutzmassnahmen oder hagelresistente Baumaterialien. Diese Massnahmen sind bekannt und dürften mit ansteigendem Klimawandel vermehrt umgesetzt werden. In manchen Bereichen sind Ansätze zur Reduktion der Vulnerabilität aber noch wenig bekannt oder verbreitet. Gerade in komplexen Systemen wie den natürlichen Ökosystemen der Schweiz ist unklar, wie sich Vulnerabilitäten entwickeln werden.

Die Herausforderungen, Risiken und betroffenen Sektoren sind vielfältig

Die Klima-Risikoanalyse zeigt für die Risiken innerhalb der Schweiz ein differenziertes Bild. 12 der 34 analysierten Risiken werden bereits heute als gross oder sehr gross eingestuft. Bei 12 Risiken werden grosse oder sehr grosse Veränderungen bis 2060 erwartet. Für alle Risiken, die bereits heute als gross bis sehr gross eingestuft werden, sind auch mittlere bis sehr grosse Zunahmen bis 2060 zu erwarten. Diese Risiken werden sich somit stark akzentuieren.

Die Risiken sind thematisch sehr breitgefächert, sind Folge verschiedener sektorenübergreifender Herausforderungen und betreffen eine Vielzahl unterschiedlicher Sektoren:

Gesundheit, Infrastrukturen und Gebäude, Sektoren, die mit der Nutzung natürlicher Ressourcen verbunden sind, wie die Landwirtschaft, die Waldwirtschaft, die Wasserwirtschaft und das Biodiversitätsmanagement, sowie Wirtschaftssektoren wie Industrie/Dienstleistungen und Gewerbe, der Energiesektor sowie der Tourismus.

Hitze, Sommertrockenheit, Starkniederschläge und veränderte Lebensräume verursachen die grössten Risiken

Hitzeperioden, einzelne heisse Tage und heisse Nächte beeinträchtigen das Wohlbefinden, die Gesundheit und die Leistungsfähigkeit der Bevölkerung in weiten Teilen der Schweiz, vor allem in Städten und Agglomerationen in tiefen Lagen. Sie stellen bereits heute ein sehr grosses Risiko dar, welches bis 2060 stark zunehmen wird: Dies nicht nur, weil Hitzeperioden und sehr heisse Tage zunehmen werden, sondern auch, weil als Folge der Alterung der Gesellschaft mehr vulnerable, ältere und pflegebedürftige Menschen davon betroffen sein werden.

Die zunehmende Sommertrockenheit ist eine der Herausforderungen, die gegenüber der Klima-Risikoanalyse 2017 als deutlich relevanter eingestuft wird. Trockene Sommer haben sich in den vergangenen Jahren gehäuft. Bis 2060 wird im Sommer bis zu einem Viertel weniger Regen fallen, und Trockenperioden werden generell länger dauern. Dies hat weitreichende Auswirkungen auf die Land- und Waldwirtschaft, aber auch auf die Ökosysteme (vgl. unten). Nutzungs-, Ertragseinbussen und Schäden werden je nach landwirtschaftlichen Kulturen und Baumarten zunehmen. Die zukünftigen Risiken für Wald- und Landwirtschaft sind auch deshalb hoch, weil sich verschiedene Herausforderungen wie Hitze und zunehmende Schadorganismen überlagern und gegenseitig verstärken.

Gefährdungen wie Starkniederschläge, Hochwasser, Hagel und Stürme führen bereits heute zu massiven Schäden an Gebäuden und Infrastrukturen sowie zu sekundären Schäden aufgrund von Betriebsunterbrüchen. Hochwasser und Oberflächenabfluss gehören zu den teuersten Naturgefahrenereignissen der Schweiz. Vor allem dem Thema Oberflächenabfluss wird heute mehr Beachtung geschenkt als in der ersten Klima-Risikoanalyse von 2017.

Weil Starkniederschläge künftig häufiger und intensiver ausfallen und das Schadenspotenzial aufgrund der Akkumulation von Sachwerten und nicht-klimatischen Faktoren wie der zunehmenden Versiegelung von Böden ansteigt, werden die Risiken durch Oberflächenabfluss zunehmen.

Die natürlichen Ökosysteme werden zunehmend durch verschiedene klimabedingte Herausforderungen gefährdet: Hitze, Trockenheit, ein verändertes Wasser- und Temperaturregime und Schadorganismen setzen verschiedenen Ökosystemen bereits heute stark zu. Wie sich künftig klimatische und nicht-klimatische Faktoren wie etwa das Auftreten invasiver gebietsfremder Arten, die intensive Flächennutzung oder Boden-, Wasser- und Luftverschmutzung im Zusammenspiel auf Ökosysteme auswirken werden, lässt sich derzeit noch kaum abschätzen. Insgesamt ist aber davon auszugehen, dass die Stressoren für die Ökosysteme zunehmen und Ökosystemleistungen wie beispielsweise das Bereitstellen von sauberem Wasser, Bestäubungsleistungen für die Landwirtschaft oder auch der Erholungswert von Landschaften zunehmend unter Druck geraten. Einzelne Arten, die vom Klimawandel profitieren, sind zudem Überträger von Infektionskrankheiten. Aufgrund der verlängerten Vegetationsperiode steigt auch die Belastung durch allergene Pflanzen. So werden sich die Veränderungen in den Ökosystemen auch auf die menschliche Gesundheit auswirken.

Klimabedingte Opportunitäten kompensieren die zunehmenden Risiken in keiner Weise

Gewisse klimabedingte Veränderungen wie mildere Temperaturen in allen Jahreszeiten können auch positive Effekte haben. Beispiele sind Einsparungen von Heizenergie oder Ertragsgewinne bestimmter landwirtschaftlicher Kulturen. Sehr oft stehen diese bei der Betrachtung eines gesamten Sektors in keinem Verhältnis zu den jeweiligen Risiken. Im Tourismus ermöglichen mildere Temperaturen den Ausbau des Ganzjahrestourismus. Im Berggebiet können die potenziellen Ertragssteigerungen die Verluste im heute ertragsstarken Wintertourismus aber nicht wettmachen. In der Landwirtschaft bieten steigende Durchschnittstemperaturen und längere Vegetationsperioden gewisse Potenziale wie etwa die Ausdehnung günstiger Anbaugelände in die Höhe, den Anbau neuer Kulturen sowie bessere Qualität bei einzelnen

Produkten. Gleichzeitig können, weil Pflanzen früher blühen, vermehrt Frostschäden auftreten oder Krankheitsvektoren und Schadorganismen verbreiteter auftreten und somit Schäden an landwirtschaftlichen Kulturen verursachen.

Die Risiken unterscheiden sich zwischen den Regionen

Alle Regionen der Schweiz sind bereits heute von Klimarisiken betroffen und werden es ohne geeignete Massnahmen bis 2060 zunehmend sein, wenn auch in unterschiedlichem Ausmass. Einige Risiken und Opportunitäten können alle Regionen betreffen, etwa Risiken durch Oberflächenabfluss, Einschränkungen der Stromproduktion, Risiken aufgrund veränderter Ökosysteme oder aufseiten der Opportunitäten der geringere Heizenergiebedarf. Andere Risiken treten vor allem im Mittelland akzentuiert auf und betreffen damit einen Grossteil der Bevölkerung in der Schweiz, so etwa die hitzebedingten Gesundheitsrisiken, die Risiken durch Hochwasser entlang der grösseren Fließgewässer oder die trockenheitsbedingten Risiken in der Land- und Waldwirtschaft. Schliesslich sind auch die Berggebiete von spezifischen und zunehmenden Risiken betroffen, namentlich von Einbussen im Wintertourismus sowie Sach- und Personenschäden durch gravitative Massenbewegungen. Auch die Veränderung des Landschaftsbildes ist in Berggebieten aufgrund schwindender Gletscher besonders ausgeprägt.

Klimarisiken treffen nicht alle Bevölkerungsgruppen im selben Ausmass

Nicht alle Bevölkerungsgruppen sind in gleichem Ausmass von Klimarisiken betroffen. Insgesamt dürften sich die Vulnerabilitäten in der Schweiz zwischen den Bevölkerungsgruppen aber weniger differenzieren als in anderen Ländern, da Mindeststandards für Gebäude gelten, mit den Gefahrenkarten ein einheitlicher Umgang zur Nutzung potenziell gefährdeter Gebiete praktiziert wird und staatliche Institutionen mehrheitlich gut funktionieren. Dennoch ist es wichtig, die unterschiedliche Betroffenheit einzelner Bevölkerungsgruppen zu analysieren, diese Erkenntnisse in den Bewältigungsprozess einfließen zu lassen und diesen nach Möglichkeit möglichst inklusiv zu gestalten. Ausgeprägte Unterschiede gibt es bei gesundheitlichen Risiken, allen voran

hitzebedingten Risiken, die vor allem für ältere Menschen, Pflegebedürftige, Personen mit chronischen Erkrankungen, Schwangere, Kleinkinder und Säuglinge gefährlich sein können. Vulnerabel können auch Bevölkerungsgruppen sein, die in besonders exponierten Wirtschaftszweigen wie etwa im Wintertourismus oder im Bausektor arbeiten, oder Personen mit eingeschränkter Mobilität oder eingeschränkten Sprach- und Lesekenntnissen, welche wegen Verständigungsproblemen weniger gut auf Warnhinweise und Alarmierung reagieren können. Einkommensschwache Haushalte könnten ebenfalls stärker betroffen sein, da bei geringen Einkommen beispielsweise höhere Energie- und Nahrungsmittelkosten stärker ins Gewicht fallen und weniger Möglichkeiten bestehen, der Hitzebelastung etwa durch «Stadtfluchten» an Wochenenden auszuweichen.

Kombinationen von Gefährdungen verstärken Klimarisiken

Klimarisiken sind nicht nur eine Folge von einzelnen Gefahren wie Hitze, Trockenheit oder Starkniederschlägen. Vielmehr können sich verschiedene Gefahren auch räumlich und zeitlich überlagern oder zeitlich gestaffelt und nacheinander auftreten. Kombinationen solcher Gefahren sind beispielsweise das gleichzeitige Auftreten von Hitze und Trockenheit, was landwirtschaftliche Kulturen belastet und Waldschäden verursacht, das Auftreten von Starkregen nach Trockenheit, welches die Wasseraufnahme von Böden erschwert, oder wiederkehrende Trockenheit über mehrere Jahre, welche beispielsweise gewisse Baumarten beeinträchtigt. Wird diesen Abhängigkeiten zu wenig Beachtung geschenkt, besteht die Gefahr, die Risiken insgesamt zu unterschätzen.

Auch im Umgang mit Klimarisiken sind solche Abhängigkeiten zu berücksichtigen. Mit dem Klimawandel können sich Ansprüche und Konflikte im Umgang mit natürlichen Ressourcen akzentuieren. Ein Beispiel dafür ist die Nutzung der Ressource Wasser unter einem geänderten Abflussregime. Höhere Abflüsse im Winter lassen eine höhere Wasserkraftproduktion zu. Gleichzeitig gibt es auch verstärkt Überlegungen, Speicherseen als Wasserspeicher für die Bewässerung in regenarmen Perioden im Frühling und Sommer zu nutzen. Es gilt, verschiedene Nutzungen unter geänderten Rahmenbedingungen und unter Berücksichtigung ihrer Abhängigkeiten aufeinander abzustimmen.

Die Auswirkungen des Klimawandels im Ausland beeinflussen die wirtschaftliche Entwicklung der Schweiz

Die Schweiz ist als global vernetzte Volkswirtschaft über wirtschaftliche und politische Beziehungen in besonderem Mass vom Klimawandel im Ausland betroffen. Klimatische Faktoren können sich im Zusammenspiel mit nicht-klimatischen Faktoren wie Marktkonzentrationen oder geopolitischen Entwicklungen in Lieferverzögerungen und -engpässen, Qualitätseinbussen oder höheren Preisen für Importprodukte sowie in beeinträchtigten Absatzmärkten für Exportprodukte und Dienstleistungen manifestieren. Da diese klimabedingten Veränderungen im Ausland den Kern der Schweizer Volkswirtschaft treffen, ist das Schadenspotenzial wahrscheinlich grösser als jenes aufgrund des Klimawandels im Inland. Eigentliche klimabedingte Versorgungsengpässe sind zwar auf absehbare Zeit kaum zu erwarten, da die wichtigsten Handelspartner in der EU vergleichsweise wenig vulnerabel gegenüber klimatischen Veränderungen sind und das Risiko über diversifizierte Handelsketten oder Substitution von Gütern gemindert werden kann. Dennoch ist solchen systemischen Risiken, bei denen eine Störung an einem Punkt des Systems potenziell gravierende Auswirkungen auf Lieferketten und das gesamte System haben kann, zunehmend Beachtung zu schenken.

Schwer abschätzbare Risiken sind im Auge zu behalten

Neben den klimatischen Veränderungen bis 2060, die den sektorenübergreifenden Herausforderungen in Kapitel 2 zugrunde liegen, kann nicht ausgeschlossen werden, dass zukünftig auch unerwartete Ereignisse wie besonders extreme Extremereignisse, Kombinationen von Risiken oder Kippunkte unter veränderten Klimabedingungen auftreten. Da solche Ereignisse auch für die Schweiz weitreichende Folgen und ein deutlich höheres Schadenspotenzial haben können, wird es wichtig sein, auch für diese schwer abschätzbaren Risiken «Stresstests» durchzuführen. Auch gilt es, die allgemeine Widerstandsfähigkeit, Anpassungs- und Regenerationsfähigkeit der Gesellschaft, Wirtschaft und der natürlichen Umwelt mit geeigneten Massnahmen zu stärken.

Klima-Risikoanalyse als Grundlage für die Anpassung nutzen

Die Klima-Risikoanalyse zeigt, welche Auswirkungen der Klimawandel heute und in Zukunft hat und welche Klimarisiken heute und in Zukunft wichtig sind. Seit der letzten Risikoanalyse aus dem Jahr 2017 hat sich die Wahrnehmung gewisser Risiken akzentuiert, und gewisse Risiken sind stärker in den Fokus gerückt. So werden heute etwa trockenheitsbedingte Risiken höher eingestuft, Ökosysteme wie Wälder dürften noch stärker als gedacht vom Klimawandel in Mitleidenschaft gezogen werden, der Energiesektor ist mit neuen Herausforderungen konfrontiert und die wirtschaftliche Verflechtung mit dem Ausland und die damit verbundenen Risiken für unseren Wohlstand sind vermehrt in den Vordergrund getreten. Die Klima-Risikoanalyse liefert eine Grundlage für die Planung der Anpassung an den Klimawandel und hilft, Prioritäten zu setzen und Mittel zielgerichtet zu nutzen. Die Analyse verdeutlicht auch, dass mit der Anpassung an den Klimawandel Vulnerabilitäten und zum Teil auch die Exposition und damit schliesslich auch Klimarisiken reduziert werden können. Darauf weisen auch erste Erfolge in der Anpassung an den Klimawandel in verschiedenen Sektoren hin. Weitere Massnahmen zur Anpassung an den Klimawandel sind aber notwendig, um zukünftige Risiken zu minimieren. Von übergeordneter Bedeutung bleibt die konsequente Reduktion der Treibhausgasemissionen auf Netto-Null bis 2050, um die gravierendsten und möglicherweise unkontrollierbaren Auswirkungen zu vermeiden.

Anhang

A1 Methodik

Überblick

Ziel der Methodik hinter der Klima-Risikoanalyse ist es, die heterogene und komplexe Risikolandschaft des Klimawandels möglichst umfassend abzubilden. Das methodische Vorgehen soll zudem eine Bewertung der Klimarisiken und deren Auswirkungen für die Schweiz ermöglichen. Der gewählte methodische Ansatz ist in einem separaten Methodenbericht¹⁴⁴ näher beschrieben. Die groben Züge der Methodik bauen auf der ersten Klima-Risikoanalyse von 2017 auf:

- Ein kriteriengeleitetes und semiquantitatives Verfahren ermöglicht es, die verschiedenen Auswirkungen des Klimawandels in eine gemeinsame Metrik zu überführen.
- Der iterative Einbezug von Fachexpertinnen und Fachexperten stellt sicher, dass die Ergebnisse und Kernaussagen breit abgestützt und konsolidiert sind.
- Darüber hinaus wird der Analyse im Sinne des Vorsorgeprinzips weiterhin ein «hohes Emissionsszenario» (RCP8.5) zugrunde gelegt.
- Schliesslich erfolgt die Analyse von Klimarisiken und klimabedingten Opportunitäten aus zwei Blickwinkeln: Einerseits werden die Relevanz der Risiken und Opportunitäten im heutigen Kontext und andererseits die erwarteten Veränderungen bis ins Jahr 2060 analysiert.

Im Folgenden werden die vier Teilschritte der Klima-Risikoanalyse beschrieben. Diese lauten:

1. Identifikation von Klimarisiken und klimabedingten Opportunitäten
2. Analyse der Klimarisiken und klimabedingten Opportunitäten
3. Bewertung der Klimarisiken und klimabedingten Opportunitäten
4. Darstellung der Klimarisiken und klimabedingten Opportunitäten

Identifikation von Klimarisiken und klimabedingten Opportunitäten

Die Klima-Risikoanalyse von 2017 enthält eine Liste mit 49 klimabedingte Risiken und Opportunitäten, die wiederum in ca. 150 Teilrisiken und -opportunitäten aufgeschlüsselt sind. Auf dieser Grundlage wurden eine Überprüfung und eine Aktualisierung vorgenommen. Mit Interviews und durch den Abgleich mit Klima-Risikoanalysen anderer Länder wurden einige Risiken und Opportunitäten neu gruppiert und neue Risiken hinzugefügt. Wie schon 2017 werden die Risiken und Opportunitäten in der Klima-Risikoanalyse wie folgt gegliedert (Tabelle 1).

Tabelle 1

Gliederung der Risiken und Opportunitäten in der Klima-Risikoanalyse

Sektorenübergreifende Herausforderungen	bilden die oberste Hierarchiestufe. Es handelt sich dabei um übergeordnete Auswirkungen des Klimawandels, welche sich jeweils auf eine Reihe von Sektoren auswirken. Beispiel: «Zunehmende Hitzebelastung».
Klimarisiken und klimabedingte Opportunitäten	werden jeweils einer sektorenübergreifenden Herausforderung zugeteilt. Es handelt sich um übergeordnete Risiken und Opportunitäten, welche einen oder mehrere Sektoren betreffen. Die Bewertung und Priorisierung erfolgen auf dieser Ebene. Beispiel: «Beeinträchtigung der menschlichen Gesundheit und des Wohlbefindens durch Hitze».
Teilrisiken und -opportunitäten	konkretisieren die Klimarisiken und klimabedingten Opportunitäten und beschreiben konkrete Wirkungsmechanismen oder die Betroffenheit einzelner Sektoren. Die Teilrisiken und -opportunitäten dienen dem Verständnis, werden aber nicht separat bewertet und priorisiert. Beispiel: «Hitzebedingte Todesfälle».

Nicht alle Risiken und Opportunitäten lassen sich in die obige Hierarchie einordnen, da sie nicht auf eine einzelne sektorenübergreifende Herausforderung zurückzuführen sind, sondern die Folge eines Zusammenspiels von Herausforderungen sind. Eine Bewertung mit der gleichen Methodik und

den gleichen Skalen ist für diese Risiken nicht sinnvoll. Diese werden aufgrund ihrer Komplexität qualitativ beschrieben und teilweise nur exemplarisch aufgezeigt. Es handelt sich dabei um die Risiken durch klimabedingte Auswirkungen im Ausland sowie die schwer abschätzbaren Risiken.

Analyse der Klimarisiken und klimabedingten Opportunitäten

Im Zentrum des methodischen Vorgehens stehen Analysen der Klimarisiken und klimabedingten Opportunitäten, welche auf umfassender Literaturrecherche, den Schweizer Klimaszenarien CH2018 sowie den Erkenntnissen aus Interviews mit 46 Fachexpertinnen und Fachexperten basieren. Es wurden Fachexpertinnen und Fachexperten aus Forschungsinstitutionen, Ingenieurbüros, Bundesämtern und kantonalen

Verwaltungen aus verschiedenen Regionen der Schweiz sowie Vertreterinnen und Vertreter aus der Wirtschaft wie der Versicherungsbranche und dem Detailhandel befragt (siehe Anhang 3).

Die Analyse der Risiken und Opportunitäten orientiert sich am IPCC-Risikokonzept. Das Risikokonzept des IPCC umfasst die drei Risiko-Komponenten «Klimasignal» (bzw. Gefahren), «Exposition» und «Vulnerabilität», aus deren Produkt das Risiko resultiert (Tabelle 2).

Tabelle 2
Anwendung des IPCC-Risikokonzepts in der Klima-Risikoanalyse

Das Klimasignal (gemäss IPCC «Hazard» bzw. Gefahr)	beschreibt den bereits bestehenden Einfluss und die erwarteten Veränderungen des Klimas. In der Klima-Risikoanalyse wird von «Klimasignal» und nicht von «Gefahren» gesprochen, damit die Begrifflichkeiten auch auf klimabedingte Opportunitäten angewendet werden können. Je stärker das Klimasignal, desto grösser ist tendenziell auch das Klimarisiko bzw. die klimabedingte Opportunität.
Die Exposition (gemäss IPCC «Exposure»)	beschreibt die räumliche Verteilung von Personen, Sachwerten, kritischer Infrastruktur, landwirtschaftlichen Flächen und Ökosystemen, welche von einem Klimasignal betroffen sein könnten. Je grösser die Exposition, desto grösser ist tendenziell auch das Klimarisiko bzw. die klimabedingte Opportunität. In der Beschreibung der zukünftigen Exposition wurde soweit möglich auf Statistiken bzw. Szenarien zurückgegriffen. Dabei wurden die Referenzszenarien des Bundes genutzt, so bspw. das Referenzszenario der Bevölkerungsentwicklung des Bundesamtes für Statistik oder die Basisvariante der Entwicklung des Strommixes in der Schweiz gemäss den Energieperspektiven 2050+ des Bundesamtes für Energie.
Die Vulnerabilität (gemäss IPCC «Vulnerability»)	beschreibt das Ausmass, in welchem sich ein Klimasignal bei Vorhandensein einer Exposition effektiv auswirkt. Die Vulnerabilität ist vor allem abhängig von der Sensitivität eines Systems (bzw. im Fall von klimabedingten Opportunitäten dessen Möglichkeiten, potenzielle Vorteile für sich zu nutzen). Je höher die Sensitivität, desto grösser ist tendenziell auch das Klimarisiko bzw. die klimabedingte Opportunität. Auch Bewältigungs- und Anpassungskapazitäten beeinflussen die Vulnerabilität (und teilweise auch die Exposition). Weil die künftige Anpassungskapazität bzw. künftig ergriffene Anpassungsmassnahmen, welche die Vulnerabilität reduzieren, kaum abgeschätzt werden können, werden nur Massnahmen berücksichtigt, die bereits heute etabliert sind, wie z. B. das Naturgefahrenmanagement. Es wird davon ausgegangen, dass diese Massnahmen fortgeführt und auch zukünftig einen Beitrag zur Reduktion von Risiken leisten werden. Massnahmen, welche bisher als zu teuer taxiert wurden, oder Massnahmen, die heute technologisch noch nicht umsetzbar sind, werden nicht in die Klima-Risikoanalyse mit einbezogen.

Die Erkenntnisse aus den Interviews sowie aus zwei themenspezifischen Workshops (Nahrungsmittelversorgungssicherheit im Klimawandel, Stromversorgungssicherheit im Klimawandel) fliessen auch in die Analyse der Risiken durch klimabedingte Auswirkungen im Ausland sowie der schwer abschätzbaren Risiken ein. Im Gegensatz zu den anderen Klimarisiken und klimabedingten Opportunitäten werden diese Risiken in der Folge jedoch nicht bewertet.

Ebenfalls nicht bewertet, sondern lediglich qualitativ beschrieben, werden die Auswirkungen des Klimawandels auf bestimmte Bevölkerungsgruppen. Die Auswirkungen des Klimawandels betreffen nicht alle Menschen gleichermaßen. Die Faktoren für besondere Betroffenheit sind sehr heterogen und können sich auf das Alter, den Gesundheitszustand, das Geschlecht, den Beruf, den sozioökonomischen Status oder auch den Wohnort beziehen.

Bewertung von Klimarisiken und klimabedingten Opportunitäten

Um Risiken und Opportunitäten vergleichen zu können, werden die Beschreibungen der Risiken und Opportunitäten in Bewertungen von – 1 bis – 5 (resp. + 1 bis + 5 für Opportunitäten) überführt. Analog zu Klima-Risikoanalysen anderer Länder werden die Bewertungen aufgrund der Heterogenität und Komplexität der Risiken und deren Wechselwirkungen nicht strikte anhand von Schwellenwerten operationalisiert. Stattdessen wird ein Vorgehen angewendet, welches es erlaubt, eine heterogene Datengrundlage und eine grosse Vielfalt von Risiken und Opportunitäten in semiquantitative Bewertungen zu überführen. Eine erste Einschätzung der Bewertungen gemäss der Skala in Tabelle 3 erfolgte auf Basis der Analyse von Klimasignal, Exposition und Vulnerabilität sowie den Bewertungen der Klima-Risikoanalyse von 2017. Anschliessend wurden die Bewertungen in mehreren Überarbeitungsrounds unter Einbezug von Fachexpertinnen und Fachexperten laufend verfeinert und mittels Quervergleichen zwischen den verschiedenen Risiken und Opportunitäten auf Konsistenz geprüft.

Tabelle 3

Skala für die qualitative Einschätzung zur Bewertung von Klimarisiken. Opportunitäten werden analog bewertet, allerdings von + 1 bis + 5

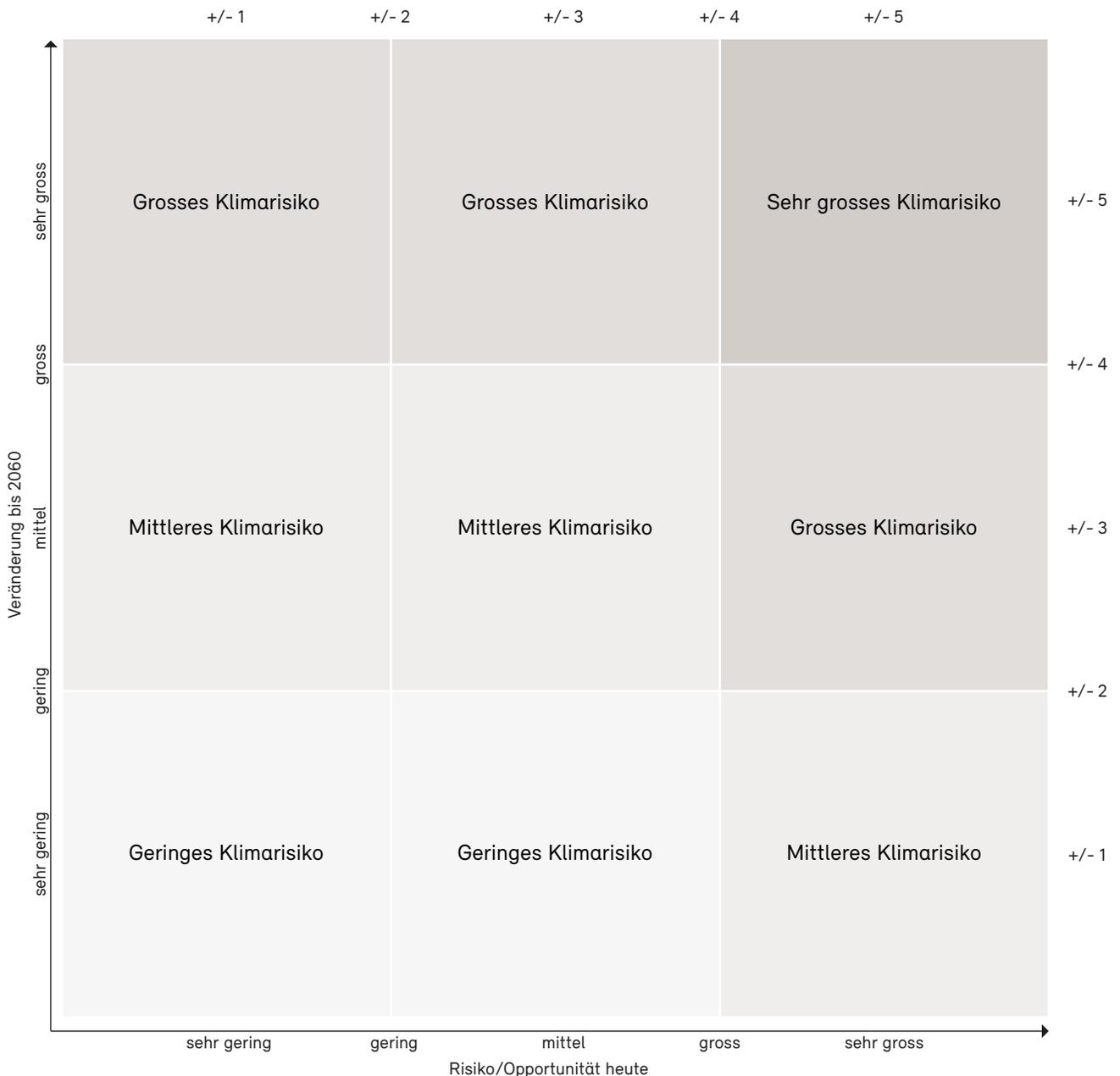
	Bezeichnung	Wert	Qualitative Einschätzung
Risiko/Opportunität heute	Sehr grosses Risiko	– 5	Heute schon sehr starkes Klimasignal (oder bestehende, sehr grosse Gefährdung), kombiniert mit grosser Exposition/Vulnerabilität
	Grosses Risiko	– 4	Heute schon starkes Klimasignal (oder bestehende, grosse Gefährdung), kombiniert mit grosser Exposition/Vulnerabilität
	Mittleres Risiko	– 3	Heute schon starkes Klimasignal (oder bestehende, grosse Gefährdung), kombiniert mit mittlerer Exposition/Vulnerabilität
	Geringes Risiko	– 2	Heute mittleres Klimasignal (oder bestehende, mittlere Gefährdung), kombiniert mit geringer Exposition/Vulnerabilität
	Sehr geringes Risiko	– 1	Heute eher schwaches Klimasignal (oder bestehende, eher geringe Gefährdung), kombiniert mit geringer Exposition/Vulnerabilität
Veränderungen bis 2060	Sehr grosse Zunahme des Risikos	– 5	Sehr stark erhöhtes Klimasignal bis 2060 (d. h. sehr grosse zusätzliche Gefährdung), kombiniert mit grosser Zunahme von Exposition/Vulnerabilität
	Grosse Zunahme des Risikos	– 4	Erhöhtes Klimasignal bis 2060 (d. h. grosse zusätzliche Gefährdung), kombiniert mit grosser Zunahme von Exposition/Vulnerabilität
	Mittlere Zunahme des Risikos	– 3	Erhöhtes Klimasignal bis 2060 (d. h. grosse zusätzliche Gefährdung), kombiniert mit mittlerer Zunahme von Exposition/Vulnerabilität
	Geringe Zunahme des Risikos	– 2	Mittel erhöhtes Klimasignal bis 2060 (d. h. mittlere zusätzliche Gefährdung), kombiniert mit geringer Zunahme von Exposition/Vulnerabilität
	Sehr geringe Zunahme des Risikos	– 1	Kaum erhöhtes Klimasignal bis 2060 (d. h. kaum zusätzliche Gefährdung), kombiniert mit geringer Zunahme von Exposition/Vulnerabilität

Darstellung von Klimarisiken und klimabedingten Opportunitäten

Die einzelnen Risiken, welche sich durch den Klimawandel ergeben, werden danach zur besseren Vergleichbarkeit in sogenannten 9-Felder-Matrizen zweidimensional verortet (siehe Abbildung 10). Die Achsen orientieren sich an den Bewertungen der Risiken (von - 1 bis - 5) bzw. der Opportunitäten (von + 1 bis + 5):

- Die x-Achse bildet die heutige Risikosituation ab: Risiken und Opportunitäten, welche bereits heute gross sind, erscheinen in der Matrix weiter rechts.
- Die y-Achse zeigt die Dynamik der Veränderungen bis ins Jahr 2060: Risiken und Opportunitäten mit grossen erwarteten Veränderungen erscheinen in der Matrix weiter oben.

Abbildung 10
Darstellung der Klimarisiken in der 9-Felder-Matrix



Als *sehr grosse Klimarisiken* gelten solche, welche bereits heute gross oder sehr gross sind und zudem grossen oder sehr grossen Veränderungen bis 2060 unterworfen sind. *Grosse Klimarisiken* sind solche, die entweder heute schon gross bis sehr gross sind und bei denen geringe bis mittlere Veränderungen erwartet werden. Oder es handelt sich um Risiken, die heute zwar noch sehr gering bis mittel eingestuft werden, deren Veränderungen bis 2060 aber gross bis sehr gross werden können. Als *mittlere Klimarisiken* werden solche eingestuft, die entweder heute schon gross bis sehr gross sind und bei denen nur sehr geringe Veränderungen erwartet werden. Oder es sind Risiken, die heute als sehr gering bis mittel eingestuft werden und bei denen auch die Veränderungen gering bis mittel sind. Als *geringe Klimarisiken* gelten schliesslich solche, die heute als sehr gering bis mittel eingestuft werden und welche sehr geringen Veränderungen bis 2060 unterworfen sind. Opportunitäten werden analog eingestuft, d. h., eine sehr grosse Opportunität ist eine, welche heute schon gross bis sehr gross ist und bei der auch grosse bzw. sehr grosse Veränderungen zu erwarten sind. Im Bericht zur Klima-Risikoanalyse werden die Risiken und Opportunitäten beschrieben, die mindestens als mittleres Risiko bzw. mittlere Opportunität eingestuft wurden.

A2 Vollständige Liste aller Klimarisiken und klimabedingten Opportunitäten

Nachfolgend die Klimarisiken und klimabedingte Opportunitäten mit deren Teilrisiken/-opportunitäten für die sektorenübergreifenden Herausforderungen innerhalb der Schweiz, die Risiken durch den Klimawandel im Ausland und Risiken aufgrund unerwarteter Ereignisse und kombinierter Risiken. Die in der 9-Felder-Matrix (9FM) verwendeten Kurzbezeichnungen sind ebenfalls vermerkt.

Klimarisiken	Teilrisiken
Zunehmende Hitzebelastung	
Beeinträchtigung der menschlichen Gesundheit und des Wohlbefindens durch Hitze 9FM: Beeinträchtigung der Gesundheit (Hitze)	<ul style="list-style-type: none"> • Hitzebedingte Todesfälle • Einschränkung des Gesundheitszustandes durch Hitze (inkl. Notfallspitaleintritte) • Einschränkung des Wohlbefindens und der mentalen Gesundheit durch Hitze • Erhöhtes Hautkrebsrisiko durch Hitze • Erhöhtes Unfallrisiko durch erhöhte Badeaktivität während Hitzeperioden
Einschränkung der Leistungsfähigkeit durch Hitze 9FM: Einschränkung der Leistungsfähigkeit (Hitze)	<ul style="list-style-type: none"> • Hitzebedingte Leistungseinbussen bei der Arbeit und in der Ausbildung • Hitzebedingte Betriebsunterbrüche und Einschränkungen von hitzeexponierten wirtschaftlichen Tätigkeiten
Beeinträchtigung der Gesundheit von Nutztieren durch Hitze 9FM: Beeinträchtigung der Tiergesundheit (Hitze)	<ul style="list-style-type: none"> • Hitzebedingte Todesfälle von Nutztieren • Hitzebedingte Beeinträchtigung des Wohlbefindens von Nutztieren • Hitzebedingte Ertragseinbussen in der Produktion von tierischen Produkten • Auftreten von Zoonosen bei Nutztieren während Hitzeperioden
Beeinträchtigung der Stromversorgung durch Hitze 9FM: Beeinträchtigung der Stromversorgung (Hitze)	<ul style="list-style-type: none"> • Einschränkung von thermischen Kraftwerken durch reduzierte Kühlwasserkapazität während Hitzeperioden • Beeinträchtigung der Versorgungssicherheit des Stromnetzes durch Hitze • Einschränkung von industriellen Prozessen durch reduzierte Kühlwasserkapazität während Hitzeperioden
Ertragseinbussen in der Landwirtschaft durch Hitze 9FM: Ertragseinbussen in Landwirtschaft (Hitze)	<ul style="list-style-type: none"> • Hitzebedingte Ernteeinbussen in der Landwirtschaft • Verbrennungen an Pflanzen durch Bewässerung während Hitzeperioden • Frostschäden durch Wärmeperioden gefolgt von Frost im Frühjahr • Qualitätseinbussen von landwirtschaftlichen Erträgen aufgrund von Hitze
Beeinträchtigung von Waldleistungen durch Hitze 9FM: Beeinträchtigung von Waldleistungen (Hitze)	<ul style="list-style-type: none"> • Reduziertes Holznutzungspotenzial und veränderte Baumartenzusammensetzung aufgrund von Hitze • Beeinträchtigung der Schutzwirkung des Waldes aufgrund von Hitze • Reduzierte Erholungsleistung und erhöhte Kosten für Sicherheitsholzerei des Waldes aufgrund von Hitze
Beeinträchtigung der Verkehrsinfrastrukturen durch Hitze 9FM: Beeinträchtigung der Verkehrsinfrastruktur (Hitze)	<ul style="list-style-type: none"> • Beeinträchtigung von Transportinfrastruktur und damit verbundene Verspätungen durch Hitze • Beeinträchtigung von Kommunikationsinfrastruktur durch Hitze (z. B. Server-Center)

Klimarisiken	Teilrisiken
Zunehmende Sommertrockenheit	
Ertragseinbussen in der Landwirtschaft durch Trockenheit 9FM: Ertragseinbussen in Landwirtschaft (Trockenheit)	• Trockenheitsbedingte Ernteeinbussen
	• Veränderung der Standorteignung und Verschiebung von Anbaugebieten
	• Qualitätseinbussen von landwirtschaftlichen Erträgen aufgrund von Trockenheit
Sachschäden und Beeinträchtigung von Waldleistungen durch trockenheitsbedingte Waldbrände 9FM: Schäden durch Waldbrände	• Beeinträchtigung der Schutzwirkung des Waldes aufgrund von Waldbränden
	• Reduziertes Holznutzungspotenzial aufgrund von Waldbränden
	• Reduzierte Erholungsleistung des Waldes aufgrund von Waldbränden
	• Schäden an Gebäuden und Infrastruktur durch Waldbrände
	• Schäden an Energieinfrastruktur durch Waldbrände
• Beeinträchtigung der Luftqualität durch Waldbrände	
Wasserknappheit in der öffentlichen Wasserversorgung durch Trockenheit 9FM: Beeinträchtigung der Wasserversorgung	• Wasserknappheit in der öffentlichen Wasserversorgung aufgrund von Trockenheit
	• Wasserknappheit in der öffentlichen Wasserversorgung aufgrund von durch Trockenheit eingeschränkter Wasserqualität
Wasserknappheit in Speicherseen durch Trockenheit 9FM: Wasserknappheit in Speicherseen	• Einschränkung der sommerlichen Wasserkraftproduktion aufgrund von Trockenheit
	• Reduktion der Winterstromreserven aufgrund von Trockenheit und veränderten Nutzungsansprüchen in trockenen Sommern
Beeinträchtigung von Waldleistungen durch Trockenheit 9FM: Beeinträchtigung von Waldleistungen (Trockenheit)	• Reduziertes Holznutzungspotenzial und veränderte Baumartenzusammensetzung aufgrund von Trockenheit
	• Beeinträchtigung der Schutzwirkung des Waldes aufgrund von Trockenheit
	• Reduzierte Erholungsleistung und erhöhte Kosten für Sicherheitsholzerei des Waldes aufgrund von Trockenheit
Einschränkungen der Schifffahrt durch Trockenheit 9FM: Einschränkung der Schifffahrt	• Einschränkung der Schifffahrt auf dem Rhein aufgrund trockenheitsbedingt tiefer Wasserpegel
	• Beeinträchtigung der Seeanstossinfrastruktur durch trockenheitsbedingt tiefe Wasserpegel

Klimarisiken	Teilrisiken
Zunehmendes Gefahrenpotenzial	
Personenschäden durch grossräumige Hochwasser 9FM: Personenschäden durch Hochwasser	<ul style="list-style-type: none"> • Todesfälle, Verletzte und Unterstützungsbedürftige aufgrund von Hochwasser
Sachschäden durch grossräumige Hochwasser 9FM: Sachschäden durch Hochwasser	<ul style="list-style-type: none"> • Schäden an Gebäuden aufgrund von Hochwasser • Schäden an Kommunikationsinfrastruktur aufgrund von Hochwasser • Schäden an Verkehrsinfrastruktur und Fahrzeugen aufgrund von Hochwasser • Schäden an Energieversorgungsinfrastruktur aufgrund von Hochwasser • Schäden an Wasserkraftanlagen durch erhöhten Geschiebetransport und Schwebstoffzufuhr durch Hochwasser und Oberflächenabfluss • Schäden an der Wasserinfrastruktur aufgrund von Hochwasser • Schäden an Kulturgütern, Erholungsgebieten und touristischer Infrastruktur aufgrund von Hochwasser
Betriebsunterbrüche durch grossräumige Hochwasser 9FM: Betriebsunterbrüche durch Hochwasser	<ul style="list-style-type: none"> • Betriebsunterbrüche und wirtschaftliche Einbussen aufgrund von Hochwasser und Oberflächenabfluss • Einschränkung der Wasserkraftproduktion aufgrund von Hochwasser und Oberflächenabfluss
Sachschäden durch Oberflächenabfluss und lokale Hochwasser 9FM: Sachschäden durch Oberflächenabfluss	<ul style="list-style-type: none"> • Schäden an Gebäuden aufgrund von Oberflächenabfluss • Schäden an Verkehrsinfrastruktur und Fahrzeugen aufgrund von Oberflächenabfluss • Schäden an landwirtschaftlichen Kulturen und Erosion durch Oberflächenabfluss
Betriebsunterbrüche durch Oberflächenabfluss und lokale Hochwasser 9FM: Betriebsunterbrüche durch Oberflächenabfluss	<ul style="list-style-type: none"> • Betriebsunterbrüche und wirtschaftlichen Einbussen aufgrund von Hochwasser und Oberflächenabfluss • Einschränkung der Wasserkraftproduktion aufgrund von Hochwasser und Oberflächenabfluss
Personenschäden durch Massenbewegungen 9FM: Personenschäden durch Massenbewegungen	<ul style="list-style-type: none"> • Todesfälle, Verletzte und Unterstützungsbedürftige durch Massenbewegungen
Sachschäden und Unterhaltskosten durch Massenbewegungen 9FM: Sachschäden durch Massenbewegungen	<ul style="list-style-type: none"> • Schäden an Gebäuden durch Massenbewegungen • Schäden an Kommunikationsinfrastruktur durch Massenbewegungen • Schäden an Verkehrsinfrastruktur und Fahrzeugen durch Massenbewegungen • Schäden an Energieversorgungsinfrastruktur durch Massenbewegungen • Schäden an Kulturgütern und touristischer Infrastruktur durch Massenbewegungen • Erhöhte Unterhaltskosten wegen zunehmender Geschiebe- und Sedimentablagerung durch Massenbewegungen • Reduzierte Speicherkapazität von Stauseen wegen zunehmender Geschiebe- und Sedimentablagerung durch Massenbewegungen
Betriebsunterbrüche durch Massenbewegungen 9FM: Betriebsunterbrüche durch Massenbewegungen	<ul style="list-style-type: none"> • Betriebsunterbrüche und wirtschaftliche Einbussen durch Massenbewegungen • Einschränkung der Wasserkraftproduktion durch Massenbewegungen
Personenschäden durch Hagel und Stürme 9FM: Personenschäden durch Hagel/Stürme	<ul style="list-style-type: none"> • Todesfälle, Verletzte und Unterstützungsbedürftige aufgrund von Sturm- und Hagelaktivität

Klimarisiken	Teilrisiken
Zunehmendes Gefahrenpotenzial	
Sachschäden durch Hagel und Stürme 9FM: Sachschäden durch Hagel/Stürme	• Schäden an Gebäuden aufgrund von Sturmaktivität
	• Schäden an Kommunikationsinfrastruktur aufgrund von Sturmaktivität
	• Schäden an Verkehrsinfrastruktur und Fahrzeugen aufgrund von Sturmaktivität
	• Schäden an Energieversorgungsinfrastruktur aufgrund von Sturmaktivität
	• Waldschäden aufgrund von Sturmaktivität
	• Schäden an landwirtschaftlichen Kulturen und an/in Gewächshäusern aufgrund von Sturmaktivität
	• Eingeschränkte Effizienz und Schäden an Windkraftanlagen aufgrund von Sturmaktivität
	• Schäden an Naherholungsgebieten (insbes. Wälder) aufgrund von Sturmaktivität
	• Schäden an Gebäuden aufgrund von Hagel
	• Schäden an Fahrzeugen aufgrund von Hagel
• Schäden an landwirtschaftlichen Kulturen und an/in Gewächshäusern aufgrund von Hagel	
Betriebsunterbrüche durch Hagel und Stürme 9FM: Betriebsunterbrüche durch Hagel/Stürme	• Betriebsunterbrüche und wirtschaftliche Einbussen aufgrund von Sturm- und Hagelaktivität

Klimarisiken/klimabedingte Opportunitäten	Teilrisiken/-opportunitäten
Zunehmende Durchschnittstemperaturen	
Einsparungen beim Heizenergiebedarf durch mildere Winter 9FM: Einsparung von Heizenergie	• Einsparungen beim Heizenergiebedarf aufgrund des Anstiegs der Mitteltemperatur
Ertragssteigerungen in der Landwirtschaft durch milderen Frühling und Herbst 9FM: Ertragssteigerung in Landwirtschaft	• Ertragssteigerungen durch den Anbau von neuen Sorten (z. B. im Weinbau)
	• Ertragssteigerungen in der Landwirtschaft aufgrund des Anstiegs der Mitteltemperatur
Wirtschaftliche Einbussen im Wintertourismus durch mildere Winter 9FM: Einbussen im Wintertourismus	• Betriebsunterbrüche und wirtschaftliche Einbussen im Tourismus aufgrund von zu wenig Schnee
	• Fehlende Motivation für Wintersport, wenn im Mittelland aufgrund der steigenden Schneefallgrenze die Winterlandschaft fehlt
Ertragssteigerungen im Ganzjahrestourismus durch mildere Temperaturen 9FM: Ertragssteigerung im Ganzjahrestourismus	• Ertragssteigerungen im Sommertourismus infolge weniger Regentage, höherer Temperaturen und längerer Saison
	• Erhöhte Attraktivität der Bergregionen während Hitzeperioden
	• Erhöhte Attraktivität der Seenregionen während Hitzeperioden
Steigerung der winterlichen Stromproduktion durch mildere Winter 9FM: Steigerung der Stromproduktion im Winter	• Anstieg der Wasserkraftproduktion im Winter aufgrund der steigenden Schneefallgrenze
	• Anstieg der Produktion von Solarenergie und -wärme aufgrund abnehmender Dauer der Schneebedeckung
Einsparungen bei Bau und Unterhalt von Infrastrukturen durch mildere Winter 9FM: Einsparungen beim Infrastrukturunterhalt im Winter	• Einsparungen im Winterdienst aufgrund der steigenden Schneefallgrenze
	• Reduzierte Lawinschäden und weniger Schäden durch Schneedruck an Infrastruktur aufgrund der steigenden Schneefallgrenze
	• Einsparungen bei Frostschäden an Verkehrsinfrastruktur und Fahrzeugen sowie Bau- und Unterhaltskosten aufgrund der steigenden Schneefallgrenze
	• Einsparungen bei Frostschäden an Gebäuden sowie Bau- und Unterhaltskosten aufgrund der steigenden Schneefallgrenze
	• Einsparungen bei Frostschäden an Wasserinfrastruktur sowie Bau- und Unterhaltskosten aufgrund der steigenden Schneefallgrenze
Verbesserung der Verkehrssicherheit durch mildere Winter 9FM: Verbesserung der Verkehrssicherheit im Winter	• Weniger Unfälle auf schneebedeckter Fahrbahn und auf Gehsteigen aufgrund der steigenden Schneefallgrenze

Klimarisiken	Teilrisiken/-opportunitäten
Zunehmende Veränderungen in Lebensräumen und der Artenzusammensetzung	
<p>Beeinträchtigung von Feuchtgebieten, aquatischen Ökosystemen und deren Leistungen 9FM: Beeinträchtigung aquatischer Ökosysteme</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Beeinträchtigung von aquatischen Ökosystemen durch erhöhte Wassertemperaturen bei Hitze • Beeinträchtigung von aquatischen Ökosystemen durch mildere Temperaturen und ausbleibende Zirkulation in Seen • Beeinträchtigung von aquatischen Ökosystemen durch Trockenheit • Beeinträchtigung von aquatischen Ökosystemen durch invasive Arten und Schadorganismen • Beeinträchtigung der Wasserqualität durch gesundheitsgefährdende Cyanobakterien in Badegewässern während Hitzeperioden • Beeinträchtigung der Wasserqualität durch geringere Verdünnung von Schadstoffen aufgrund von Trockenheit • Beeinträchtigung der Wasserqualität durch Abwasser aufgrund von Einleitungen aus überlasteten Kanalisationen und Entlastungsbecken bei Starkniederschlägen • Beeinträchtigung der Wasserqualität durch Auswaschung von Pflanzenschutzmitteln, anderen giftigen Stoffen oder organischem Material bei Starkniederschlägen
<p>Beeinträchtigung von Waldökosystemen und deren Leistungen 9FM: Beeinträchtigung von Waldökosystemen</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Beeinträchtigung von Waldökosystemen durch Hitze • Beeinträchtigung von Waldökosystemen durch beschleunigten Abbau von Humus durch höhere Temperaturen • Beeinträchtigung von Waldökosystemen durch Trockenheit • Beeinträchtigung von Waldökosystemen durch Waldbrände • Beeinträchtigung von Waldökosystemen durch invasive Arten und Schadorganismen
<p>Beeinträchtigung von alpinen Ökosystemen und deren Leistungen 9FM: Beeinträchtigung alpiner Ökosysteme</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Beeinträchtigung von alpinen Ökosystemen durch Hitze • Beeinträchtigung von alpinen Ökosystemen durch Verschiebung in höhere Lagen durch mildere Temperaturen • Beeinträchtigung von alpinen Ökosystemen durch Trockenheit • Beeinträchtigung von alpinen Ökosystemen durch invasive Arten und Schadorganismen • Entstehung neuer Lebensräume im Vorfeld von sich zurückziehenden Gletschern
<p>Beeinträchtigung von Ökosystemen und deren Leistungen im Agrarland und Siedlungsraum 9FM: Beeinträchtigung von Ökosystemen der Kulturlandschaft</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Beeinträchtigung von terrestrischen Ökosystemen durch Hitze • Beeinträchtigung von terrestrischen Ökosystemen durch Trockenheit • Beeinträchtigung von terrestrischen Ökosystemen durch invasive Arten und Schadorganismen • Beeinträchtigung der Bodenfruchtbarkeit durch beschleunigten Abbau von Humus durch mildere Temperaturen • Beeinträchtigung der Bodenfruchtbarkeit durch Erosion bei Starkniederschlägen • Beeinträchtigung der Bodenfruchtbarkeit durch Verschmutzung bei Starkniederschlägen
<p>Beeinträchtigung der menschlichen Gesundheit und des Wohlbefindens durch Krankheitsvektoren und allergene Pflanzen 9FM: Beeinträchtigung der Gesundheit (Schadorganismen)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ausbreitung allergener Pflanzen und Verlängerung der Pollensaison • Ausbreitung von Zecken in höhere Lagen • Auftreten von klimasensitiven Vektorkrankheiten • Auftreten von Mücken, die durch ihre Lästigkeit das Wohlbefinden von Menschen beeinträchtigen • Auftreten von klimasensitiven und durch Wasser und Nahrungsmittel übertragenen Krankheiten durch höhere Temperaturen
<p>Beeinträchtigung der Gesundheit von Nutztieren durch Krankheitsvektoren und invasive Arten 9FM: Beeinträchtigung der Tiergesundheit (Schadorganismen)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Beeinträchtigungen der Gesundheit von Nutztieren durch klimasensitive Vektorkrankheiten • Beeinträchtigungen der Gesundheit von Nutztieren durch invasive Arten • Auftreten von klimasensitiven und durch Wasser und Futtermittel übertragenen Krankheiten
<p>Ertragseinbussen in der Landwirtschaft durch Schadorganismen und invasive Arten 9FM: Ertragseinbussen in Landwirtschaft (Schadorganismen)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ertragseinbussen in der Landwirtschaft durch Schadorganismen und invasiven Arten

Klimarisiken	Teilrisiken/-opportunitäten
Zunehmende Veränderungen in Lebensräumen und der Artenzusammensetzung	
Beeinträchtigung von Waldleistungen durch Schadorganismen und invasive Arten 9FM: Beeinträchtigung von Waldleistungen (Schadorganismen)	• Beeinträchtigung der Schutzleistung des Waldes aufgrund von Schadorganismen und invasiven Arten
	• Reduziertes Holznutzungspotenzial und veränderte Baumartenzusammensetzung aufgrund von Schadorganismen
	• Reduzierte Erholungsleistung des Waldes und erhöhte Kosten für Sicherheitsholzerei aufgrund von Schadorganismen
Beeinträchtigung der Attraktivität der Landschaft 9FM: Beeinträchtigung des Landschaftsbildes	• Veränderung der Attraktivität der Landschaft durch die zunehmend fehlende Schneedecke
	• Veränderung der Attraktivität der Landschaft durch Gletscherrückzug im Hochgebirge
	• Veränderung der Attraktivität der Landschaft durch die steigende Waldgrenze
	• Veränderung der Attraktivität der Landschaft durch ausgetrocknete Wiesen und Wälder
	• Veränderung der Attraktivität der Landschaft aufgrund von wechselnden Pflanzengesellschaften
	• Veränderung der Attraktivität der Landschaft durch ausgetrocknete Flussbetten und Seen

Klimarisiken	Teilrisiken
Risiken durch den Klimawandel im Ausland	
Risiken in internationalen Lieferketten durch den Klimawandel im Ausland	• Zunahme der Preisvolatilität beim Import durch Auswirkungen des Klimawandels im Ausland
	• Zunahme der Transportkosten aufgrund von klimabedingten Schäden an Infrastruktur im Ausland
	• Beeinträchtigung der Verfügbarkeit und Qualität von Importgütern durch Auswirkungen des Klimawandels im Ausland
	• Beeinträchtigung der Versorgung mit kritischen Gütern wie Nahrungsmitteln, Medikamenten oder technischen Komponenten durch Auswirkungen des Klimawandels im Ausland
	• Veränderte Absatzbedingungen und Ertragseinbussen für in der Schweiz hergestellte Produkte und Dienstleistungen aufgrund von Auswirkungen des Klimawandels im Ausland
Risiken in grenzüberschreitenden Infrastruktursystemen durch den Klimawandel im Ausland	• Schäden und erhöhte Belastungen von grenzüberschreitenden Verkehrs-, Strom-, Energie- und Kommunikations- sowie medizinischen Infrastrukturen durch Auswirkungen des Klimawandels im Ausland
	• Versorgungsunterbrüche in kritischen Infrastruktursystemen durch Auswirkungen des Klimawandels im Ausland
Risiken im globalen Finanzsystem durch den Klimawandel im Ausland	• Produktions- und Umsatzeinbussen sowie physische Schäden an Investitionsobjekten und damit verbundene Anlagerisiken durch den Klimawandel im Ausland
	• Kaskadenartige Auswirkungen und Instabilitäten in Immobilien- und Versicherungsmärkten durch Auswirkungen des Klimawandels im Ausland
	• Abnahme des Wirtschaftswachstums und der Stabilität im Finanzsystem durch den Klimawandel im Ausland
Risiken für die internationale Sicherheit und Stabilität durch den Klimawandel im Ausland	• Zunahme der Nachfrage für Katastrophenhilfe und Entwicklungszusammenarbeit durch die Gefährdung der Lebensgrundlagen von vulnerablen und/oder von Armut bedrohten Bevölkerungsgruppen im Ausland
	• Zunahme von globalen Migrationsströmen durch die Gefährdung der Lebensgrundlagen von vulnerablen und/oder von Armut bedrohten Bevölkerungsgruppen im Ausland
	• Verstärkung konfliktiver Situationen durch den Klimawandel und damit verbundene Auswirkungen auf die politische Stabilität und internationale Sicherheit

Klimarisiken	Teilrisiken
Unerwartete Ereignisse und kombinierte Risiken	
Risiken aufgrund unerwarteter Ereignisse und kombinierter Risiken	• Erhebliche Auswirkungen aufgrund von besonders extremen Extremereignissen, welche bisher beobachtete Messwerte in ihrer Intensität deutlich übersteigen
	• Erhebliche Beeinträchtigung der menschlichen Gesundheit aufgrund des Auftretens neuer, bisher unbekannter Krankheiten und neuer allergener Pflanzen
	• Erhebliche Beeinträchtigung der landwirtschaftlichen Kulturen und der Tierproduktion wegen neuer Schadorganismen und der Ausbreitung neuer Krankheiten
	• Erhebliche Beeinträchtigung der Biodiversität durch neue invasive Arten
	• Erhebliche Waldschäden durch Ausbreitung neuer Schadorganismen und Krankheiten
	• Erhebliche Schäden aufgrund der kritischen Abfolge von verschiedenen Gefahren oder der aussergewöhnlichen Häufung einer gleichen Gefahr
	• Erhebliche Schäden aufgrund von noch nicht abschätzbaren Effekten der Wirkungsketten Klimawandel–Naturgefahren (u. a. auch neue Prozessmuster)
	• Erhebliche Schäden aufgrund von Veränderungen des Regenerationspotenzials von durch Naturgefahrenprozesse betroffenen Gebieten
	• Erhebliche Beeinträchtigung der Lebensgrundlagen nach unerwartetem gleichzeitigem Ausfall mehrerer kritischer Infrastrukturen
	• Erhebliche Schäden aufgrund von Kipppunkten im Klimasystem, welche Änderungen der Zirkulation bzw. von Wetterlagenmustern hervorrufen
• Erhebliche Auswirkungen auf die Biodiversität und/oder die Ökosystemleistungen aufgrund der Überschreitung von Kipppunkten von Ökosystemen	
• Erhebliche Auswirkungen durch Überschreitung von gesellschaftlichen Kipppunkten	

A3 Verzeichnisse

A3.1 Beteiligte Expertinnen und Experten

Nachfolgende Personen haben ihr Wissen und ihre Einschätzungen in die Risikoanalyse einfließen lassen. Das BAFU und die Autorinnen und Autoren bedanken sich ganz herzlich für ihr Engagement.

- Adey Bryan (ETH Zürich)
- Arendt Frank (Migros)
- Bischof Angelika (BABS)
- Bischof Vincenz (BABS)
- Björnson Astrid (WSL)
- Bloin-Wibe Luna (ETH Zürich)
- Bolliger-Maiolino Conradin (réservesuisse)
- Brandes Julia (EBP)
- Brem Stefan (BABS)
- Bresch David (ETH Zürich)
- Brown Samuel (Celsius Pro)
- Burri Elena (BFE)
- Calanca Pierluigi (Agroscope)
- Caprez Riccarda (EDA)
- Conedera Marco (WSL)
- Corger-Lattion Mireille (SECO)
- Corti Thierry (Swiss Re)
- Croci-Maspoli Mischa (MeteoSchweiz)
- Cuche Alain (ASTRA)
- De-Sassi Claudio (BAFU)
- Evers Frederic (ETH Zürich)
- Fauvain Hervé (Kanton Genf)
- Felder Daniel (BLW)
- Fischer Andreas (MeteoSchweiz)
- Fischer Erich (ETH Zürich)
- Fontaine Delia (Kanton Genf)
- Fürer Stephanie (BWO)
- Fussen Denise (EBP)
- Geisser Tobias (Migros)
- Gerber Basil (BAFU)
- Gicquel Guirec (BAFU)
- Gicquel Melanie (ARE)
- Graff Dominique (Kanton St. Gallen)
- Gregori Sascha (Kanton Graubünden)
- Grob Ueli (SECO)
- Gubler Lena (WSL)
- Gummy Damien (Kanton Genf)
- Hählen Nils (Kanton Bern)
- Hama Michiko (MeteoSchweiz)
- Heer Ines (BWL)
- Hohl Bernhard (BFE)
- Holthausen Niels (Kanton Zürich)
- Huber Nina (BAG)
- Jenni Robert (BAFU)
- Jöckel Andreas (ECom)
- Jordi Martin (VKG)
- Joss Rosmarie (Swissgrid)
- Knutti Reto (ETH Zürich)
- Kopp Thomas (VSGF)
- Kräuchi Norbert (Kanton Aargau)
- Lanz Simon (BLW)
- Mauchle Fabian (BAFU)
- Meier Matthias (HAFL)
- Merino Saum Albert (Kanton Genf)
- Muccione Veruska (WSL)
- Müller Adrian (FiBL)
- Neuhaus Katrin (SBB)
- Olschewski André (BAFU)
- Olsthoorn Patrick (EFV)
- Pfeil Anne (BAK)
- Pütz Marco (WSL)
- Ragettli Martina (SwissTPH)
- Rigling Andreas (ETH Zürich)
- Ritzel Christian (Agroscope)
- Riva Klaus (BFE)
- Romppainen-Martius Olivia (Universität Bern)
- Roth Vincent (BAFU)
- Rothe Björn (ECom)
- Schärer Michael (BAFU)
- Schärpf Carolin (BAFU)
- Schlegel Thomas (MeteoSchweiz)
- Schlupe Isabelle (SECO)
- Schmandt Cyra (BWL)
- Schmid Tanja (Kanton Zürich)
- Schmockler-Fackel Petra (BAFU)
- Schüpbach Gertraud (Universität Bern)
- Schwilch Gudrun (BAFU)
- Spicker Jörg (Swissgrid)
- Szelecsenyi Arlette (BLV)
- Trauerstein Mareike (BFE)
- Walter Esther (BAG)
- Walther Gian-Reto (BAFU)
- Weingartner Rolf (Universität Bern)
- Werner Christoph (BABS)
- Zappa Massimiliano (WSL)
- Zinder Remy (Kanton Genf)

A3.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Darstellung der Bewertungen von Klimarisiken und klimabedingten Opportunitäten innerhalb der Schweiz in der 9-Felder-Matrix für heute (x-Achse) und deren Veränderung bis 2060 (y-Achse)	9	Abbildung 10 Darstellung der Klimarisiken in der 9-Felder-Matrix	80
Abbildung 2 Wichtige Veränderungen des Schweizer Klimas, basierend auf Beobachtungsdaten	13		
Abbildung 3 IPCC-Risikokonzept	14		
Abbildung 4 Übersicht über die Risiken und die prioritär betroffenen Sektoren durch die zunehmende Hitzebelastung in der Schweiz	19		
Abbildung 5 Übersicht über die Risiken und die prioritär betroffenen Sektoren durch die zunehmende Sommertrockenheit in der Schweiz	27		
Abbildung 6 Übersicht über die Risiken und die prioritär betroffenen Sektoren durch das zunehmende Gefahrenpotenzial in der Schweiz	35		
Abbildung 7 Übersicht über die Risiken (☹) und Opportunitäten (☆) und die prioritär betroffenen Sektoren durch die zunehmenden Durchschnittstemperaturen in der Schweiz	43		
Abbildung 8 Übersicht über die Risiken und die prioritär betroffenen Sektoren durch die zunehmenden Veränderungen von Lebensräumen und der Artenzusammensetzung in der Schweiz	49		
Abbildung 9 Übersicht zu Risiken für die Schweiz durch den Klimawandel im Ausland	60		

A3.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1

Gliederung der Risiken und Opportunitäten in der Klima-Risikoanalyse 77

Tabelle 2

Anwendung des IPCC-Risikokonzepts in der Klima-Risikoanalyse 78

Tabelle 3

Skala für die qualitative Einschätzung zur Bewertung von Klimarisiken. Opportunitäten werden analog bewertet, allerdings von +1 bis +5 79

A3.4 Literatur

- 1 Schumacher et al. Exacerbated summer European warming not captured by climate models neglecting long-term aerosol changes. *DOI: 10.1038/s43247-024-01332-8* (2024).
- 2 NCCS. Programm NCCS-Impacts. www.nccs.admin.ch > *Programm NCCS-Impacts* (Stand 2023).
- 3 BABS. Bericht zur nationalen Risikoanalyse. Katastrophen und Notlagen Schweiz 2020. BABS, Bern (2020).
- 4 BFS. Aktualisierung 2020 der nichtinstitutionellen Raumgliederungen. Raum mit städtischem Charakter, Agglomerationen und Typologien – Erläuterungsbericht. BFS-Nummer: 2297-2000 (2024).
- 5 NCCS. CH2018-Broschüre – Klimaszenarien für die Schweiz. National Centre for Climate Services, Zürich. 24 S. ISBN-Nummer 978-3-9525031-0-2 (2018).
- 6 Mutschler et al. Benchmarking cooling and heating energy demands considering climate change, population growth and cooling device uptake. *DOI: 10.1016/j.apenergy.2021.116636* (2021).
- 7 Schweizerisches Tropen- und Public-Health-Institut (Swiss TPH). Monitoring hitzebedingte Todesfälle 2000 bis 2022. Impact-Indikator «Hitzebedingte Todesfälle». Synthesebericht Juli 2023. Im Auftrag des BAFU und BAG (2023).
- 8 Swiss TPH. Monitoring hitzebedingte Todesfälle: Sommer 2023. Impact-Indikator «Hitzebedingte Todesfälle». Juni 2024. Im Auftrag des BAFU und BAG (2024).
- 9 BAFU. Klimabedingte Risiken und Chancen. Eine schweizweite Synthese. www.bafu.admin.ch/uw-1706-d (2017).
- 10 EBP & KlimaHandlung. Anpassung an den Klimawandel: Strategien und Massnahmen von Schweizer Unternehmen. Im Auftrag des BAFU (2023).
- 11 Stalhandske et al. Projected impact of heat on mortality and labour productivity under climate change in Switzerland. *DOI: 10.5194/nhess-22-2531-2022* (2022).
- 12 Swiss TPH. Hitzekompetenz der Bevölkerung 50+ in der Schweiz: Wissen, Betroffenheit, Handeln im Sommer 2023, März 2024. Im Auftrag des BAG und BAFU (2024).
- 13 BFS. Szenarien zur Bevölkerungsentwicklung der Schweiz und der Kantone 2020–2050. BFS-Nummer: 201–2000 (2020).
- 14 NCCS. Programm NCCS-Impacts. Projekt Auswirkungen des Klimawandels auf Gesundheit von Mensch und Tier. www.nccs.admin.ch > *Programm NCCS-Impacts > Projekt «Mensch- und Tiergesundheit»* (Stand 2023).
- 15 Vicedo-Cabrera et al. The footprint of human-induced climate change on heat-related deaths in the summer of 2022 in Switzerland. *DOI: 10.1088/1748-9326/ace0d0* (2023).
- 16 NCCS. Pilotprogramm des Bundes zur Anpassung an den Klimawandel. Phase 2. Projekt A.06 Hitze und Gesundheit. www.nccs.admin.ch > *Pilotprogramm Anpassung an den Klimawandel > A.06* (Stand 2023).
- 17 European Environment Agency. European climate risk assessment: Full report. EEA Report 01/2024. Publications Office of the European Union. <https://data.europa.eu/doi/10.2800/8671471> (2024).

-
- 18 Wicki et al. Socio-environmental modifiers of heat-related mortality in eight Swiss cities: A case time series analysis. DOI: [10.1016/j.envres.2024.118116](https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.118116) (2024).
- 19 De Schrijver et al. Exploring vulnerability to heat and cold across urban and rural populations in Switzerland. DOI: [10.1088/2752-5309/acab78](https://doi.org/10.1088/2752-5309/acab78) (2023).
- 20 Swiss Economics. Bedeutung des Klimawandels für die Infrastrukturen in der Schweiz. Stand der Literatur. ISSN 2235-1868 (2019).
- 21 Swissgrid. Wie die Hitze das Höchstspannungsnetz beeinflusst. www.swissgrid.ch > Eine heisse Angelegenheit (Stand 14.7.2022).
- 22 BFE. Energieperspektiven 2050+. www.bfe.admin.ch > Energieperspektiven 2050+ (2022).
- 23 ETH Klimarunde. Wetterextreme: Einfluss auf die Stromversorgung. <https://ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/usys/c2sm-dam/events/Klimarunde2022/Wetterextreme-Stromversorgung-Schaffner-Klimarunde-2022.pdf> (2022).
- 24 Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI). Die Kernkraftwerke im Hitzesommer. www.ensi.admin.ch > Die Kernkraftwerke im Hitzesommer (Stand 15.8.2024).
- 25 Schweizer Radio und Fernsehen (SRF). Angst um Versorgungssicherheit. AKW Beznau darf trotz zu hoher Wassertemperatur weiterlaufen. www.srf.ch > AKW Beznau darf trotz zu hoher Wassertemperatur weiterlaufen (Stand 26.7.2022).
- 26 BFS. Produktionskonto. www.bfs.admin.ch > Produktionskonto (Stand 2022).
- 27 BFS. Arealstatistik der Schweiz. Erhebung der Bodennutzung und der Bodenbedeckung. BFS-Nummer 2305-2400 (2024).
- 28 SAFOSO AG. Vorstudie für das Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen. Abschätzung des Einflusses des Klimawandels auf die Tiergesundheit und Lebensmittelsicherheit. Eine One-Health-Perspektive (2019).
- 29 Agroscope. Hitzesommer und Landwirtschaft – eine brenzlige Kombination. ISSN 1023-2958 (2015).
- 30 Der Bundesrat. Zukünftige Ausrichtung der Agrarpolitik. Bericht des Bundesrates in Erfüllung der Postulate 20.3931 der WAK-S vom 20. August 2020 und 21.3015 der WAK-N vom 2. Februar 2021 (2022).
- 31 Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL). Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der vierten Erhebung 2009–2017. DOI: [10.16904/envdat.146](https://doi.org/10.16904/envdat.146) (2020).
- 32 NCCS. Gefährdete Holzproduktion. www.nccs.admin.ch > Gefährdete Holzproduktion (Stand 11.11.2021)
- 33 SRF. Kartoffelanbau in der Schweiz. Die Kartoffel leidet unter den hohen Temperaturen. www.srf.ch > Die Kartoffel leidet unter den hohen Temperaturen (Stand 12.10.2023).
- 34 BAFU. Auswirkungen des Klimawandels auf die Schweizer Gewässer. Hydrologie, Gewässerökologie und Wasserwirtschaft. www.bafu.admin.ch/uw-2101-d (2021).
- 35 BAFU. Hitze und Trockenheit im Sommer 2022. www.bafu.admin.ch > Hitze und Trockenheit im Sommer 2022 (Stand 10.7.2023).
- 36 SLF. SLF News. Waldbrandgefahr steigt wegen Klimawandel. www.slf.ch > Waldbrandgefahr steigt wegen Klimawandel (Stand 23.4.2024).

-
- 37 WSL. Einfluss der Trockenheit auf Blitz-induzierte Waldbrände. www.wsl.ch > *Einfluss der Trockenheit auf Blitz-induzierte Waldbrände* (Stand 2023).
- 38 Bundesamt für Landwirtschaft (BLW). Klimastrategie Landwirtschaft und Ernährung 2050. www.blw.admin.ch > *Klimastrategie Landwirtschaft und Ernährung 2050* (2023).
- 39 ETH Zürich. Resilienz des Schweizer Ernährungssystems. Abschlussbericht zum Projekt Oktober 2020 (2020).
- 40 BFS. Landwirtschaft und Ernährung: Taschenstatistik 2023. BFS-Nummer: 871-2300 (2023).
- 41 Agroscope. Klimaresilienter Ackerbau 2035. DOI: 10.34776/as177g (2024).
- 42 BAFU. SilvaProtect-CH. www.bafu.admin.ch > *Naturgefahren > SilvaProtect-CH* (Stand 2016).
- 43 Calanca et. al. Auswirkungen der Trockenheit auf die Produktivität des Schweizer Grünlands. *Agrarforschung Schweiz* 13: 135–144 (2022).
- 44 Agristat. Aktuell 11–18. Das Trockenjahr 2018 (2018).
- 45 EBP. Trockenheit im Sommer 2022. Befragung der kantonalen Gewässerschutz- und Fischereifachstellen zu Auswirkungen und Massnahmen. Im Auftrag des BAFU (2023).
- 46 BFS. Detaillierte Haushaltsausgaben nach Einkommensklasse. www.bfs.admin.ch > *Detaillierte Haushaltsausgaben nach Einkommensklasse* (Stand 2021).
- 47 WSL. Gefahr durch Feuer: Waldbrand. www.wsl.ch > *Waldbrand* (Stand 2023).
- 48 BAFU. Waldfläche in der Schweiz. www.bafu.admin.ch > *Waldfläche in der Schweiz* (Stand 2023).
- 49 BAFU. Bei Trockenheit: Die Waldbrandgefahr nimmt zu – was können wir tun? www.bafu.admin.ch > *Bei Trockenheit: Die Waldbrandgefahr nimmt zu – was können wir tun?* (Stand 2023).
- 50 Pronovo AG. Stromkennzeichnung. www.strom.ch/de/service/stromkennzeichnung (Stand 2023).
- 51 BFE. Energiedashboard Schweiz. <https://dashboardenergie.admin.ch/strom/import-export> (Stand 2024).
- 52 Bundesamt für Verkehr (BAV). Rheinschifffahrt. www.bav.admin.ch > *Rheinschifffahrt* (Stand 2024).
- 53 BFS. Güterverkehr per Luft, Wasser und Pipelines. www.bfs.admin.ch > *Güterverkehr per Luft, Wasser und Pipelines* (Stand 2022).
- 54 BAFU. Zustand und Entwicklung Grundwasser Schweiz. Ergebnisse der Nationalen Grundwasserbeobachtung NAQUA, Stand 2016. www.bafu.admin.ch/uz-1901-d (2019).
- 55 Der Bundesrat. Wasserversorgungssicherheit und Wassermanagement – Grundlagenbericht. Bericht des Bundesrates in Erfüllung des Postulates 18.3610 Rieder vom 15. Juni 2018 (2021).
- 56 NCCS. CH2018 – Climate Scenarios for Switzerland, Technischer Bericht Version 2. National Centre for Climate Services, Zürich, 271 S. ISBN 978-3-9525031-4-0 (2023).
- 57 BAFU. Integrales Risikomanagement. www.bafu.admin.ch > *Integrales Risikomanagement* (Stand 2024).
- 58 BAFU. Umgang mit dem Klimawandel im Bereich gravitative Naturgefahren in der Schweiz. Auf Basis der Vernehmlassung bei den Kantonen überarbeitete Version vom 27.11.2023 (2023).
- 59 Mobilair Lab für Naturrisiken. Schadenpotenzial Hochwasser. www.hochwasserrisiko.ch/de/#schadenpotenzial (Stand 2024).

-
- 60 geo7 AG. Klimawandel und Naturgefahren in der Schweiz – Stand des Wissens. Im Auftrag des BAFU (2020).
- 61 MeteoSchweiz. Hagelklima Schweiz: Daten, Ergebnisse und Dokumentation. DOI: 10.18751/PMCH/TR/283.HagelklimaSchweiz/1.0 (2023).
- 62 ETHZ. scClim. <https://scclim.ethz.ch> (Stand 2024).
- 63 BAFU. Schäden und Lehren aus Naturereignissen. www.bafu.admin.ch > *Gefahregrundlagen* > *Schäden* (Stand 2023).
- 64 WSL. Number of natural hazard fatalities per year in Switzerland since 1946. DOI: 10.16904/envidat.33 (2019).
- 65 BAFU. Hochwasser Juli 2021: Intensive Niederschläge führten verbreitet zu Überschwemmungen. www.bafu.admin.ch > *Hochwasser Juli 2021: Intensive Niederschläge führten verbreitet zu Überschwemmungen* (Stand 26.7.2021).
- 66 Bernet et al. Surface water floods in Switzerland: what insurance claim records tell us about the damage in space and time. DOI: 10.5194/nhess-17-1659-2017 (2017).
- 67 Mobililar Lab für Naturrisiken. Schadenpotenzial Oberflächenabfluss. https://hochwasserrisiko.giub.unibe.ch/Schadenpotenzial_OFA/de (Stand 2024).
- 68 MeteoSchweiz. MeteoSchweiz-Blog. 22. Juni 2024. Rückblick auf die Gewitterlage vom 21. Juni 2024 auf der Alpensüdseite (2024).
- 69 Bundesamt für Strassen (ASTRA). Wiedereröffnung der A13 zwischen Lostalio und Mesocco sowie des Simplonpasses. www.news.admin.ch/de/nsb?id=101764 (Stand 4.7.2024).
- 70 MeteoSchweiz. Massenbewegungen. www.meteoschweiz.admin.ch > *Massenbewegungen* (Stand 2024).
- 71 Akademie der Naturwissenschaften Schweiz (SCNAT). ProClim Flash 67. Dominoeffekt in den Alpen (2017).
- 72 BAFU. Naturgefahren: Das Wichtigste in Kürze. www.bafu.admin.ch > *Naturgefahren: Das Wichtigste in Kürze* (Stand 2024).
- 73 Gemeinde Samedan. Amtliche Publikation Gemeinde Samedan. Bergsturz in der Val Roseg – vom Betreten des Gebietes wird abgeraten (2024).
- 74 MeteoSchweiz. Blogartikel. 6. Juli 2021. Schwere Hagelgewitter im Juni – wie aussergewöhnlich war der Monat? (2021).
- 75 Neue Zürcher Zeitung (NZZ). 2 Milliarden Franken wegen Sturm und Hagel: 2021 wird für die Schweiz eines der teuersten Schadenjahre aller Zeiten. www.nzz.ch > *2 Milliarden Franken wegen Sturm und Hagel: 2021 wird für die Schweiz eines der teuersten Schadenjahre aller Zeiten* (Stand 28.10.2021).
- 76 MeteoSchweiz. Klimawandel. www.meteoschweiz.admin.ch > *Klima* > *Klimawandel* (Stand 2023).
- 77 MeteoSchweiz. Klimaindikatoren. www.meteoschweiz.admin.ch/service-und-publikationen/applikationen/ext/climate-indicators-public.html (Stand 2024).
- 78 BFE. Monatliche Heizgradtage in der Schweiz (gewichtet). <https://opendata.swiss/de/dataset/monatliche-heizgradtage-in-der-schweiz-gewichtet> (2024).
- 79 WSL. WSL News. Klimawandel und ... Lawinen. www.wsl.ch > *Klimawandel und ... Lawinen* (Stand 30.11.2023).
- 80 BFE. Endenergieverbrauch nach Verwendungszwecken. www.bfe.admin.ch > *Endenergieverbrauch nach Verwendungszwecken* (Stand 2023).

-
- 81 BFE. Potenzial und Massnahmen zur Steigerung der Stromeffizienz bis 2025. Analyse zu Handen GS UVEK / Bundesrat (2022).
- 82 Calanca et al. Klimawandel führt zu längerer Vegetationszeit und begünstigt höher gelegene Anbauflächen. DOI: 10.34776/afs14-150 (2023).
- 83 regiosuisse – Netzwerkstelle Regionalentwicklung. Tourismus. <https://regiosuisse.ch/node/3407> (Stand 2023).
- 84 Schweizerischer Bundesrat. Tourismusstrategie des Bundes. www.seco.admin.ch > *Tourismusstrategie des Bundes* (2021).
- 85 Agroscope. Dossiers. Herausforderung Klimawandel. www.agroscope.admin.ch > *Herausforderung Klimawandel* (Stand 2024).
- 86 BFS. Satellitenkonto Tourismus. www.bfs.admin.ch > *Satellitenkonto Tourismus* (Stand 2017).
- 87 Seilbahnen Schweiz. Fakten & Zahlen zur Schweizer Seilbahnbranche 2023 (2023).
- 88 BAFU. Klima: Indikatoren. Pisten mit Beschneiungsanlagen. www.bafu.admin.ch > *Klima: Indikatoren > Pisten mit Beschneiungsanlagen* (Stand 2023).
- 89 NCCS. Programm NCCS-Impacts. Projekt Kosten der Auswirkungen des Klimawandels in der Schweiz. www.nccs.admin.ch > *Programm NCCS-Impacts > Projekt «Kosten des Klimawandels»* (Stand 2023).
- 90 BFS. Strassenverkehrsunfälle. www.bfs.admin.ch > *Strassenverkehrsunfälle* (Stand 2023).
- 91 Bundesamt für Raumentwicklung (ARE). Schweizerische Verkehrsperspektiven 2050. www.aren.admin.ch > *Verkehrsperspektiven 2050* (2022).
- 92 MeteoSchweiz. Auftausatzverbrauch im Klimawandel. Im Auftrag der Schweizer Salinen AG. ISSN 2296-0058 (2015).
- 93 SRF. Kein lukratives Geschäft. Schneemangel zwingt Winterorte zum Sommerbetrieb. www.srf.ch > *Schneemangel zwingt Winterorte zum Sommerbetrieb* (Stand 9.2.2024).
- 94 MeteoSchweiz. Klimabulletin Februar 2024 (2024).
- 95 BAFU. Biodiversität in der Schweiz. Zustand und Entwicklung. www.bafu.admin.ch/uz-2306-d (2023).
- 96 NCCS. Klimaszenarien CH2018 Alpen. www.nccs.admin.ch > *Klimaszenarien CH2018 Alpen* (Stand 2021).
- 97 BAFU. Wald und Holz: Das Wichtigste in Kürze. www.bafu.admin.ch > *Wald und Holz: Das Wichtigste in Kürze* (Stand 2022).
- 98 NCCS. Pilotprogramm des Bundes zur Anpassung an den Klimawandel. Phase 2. Projekt F.13 Fischschutzmassnahmen bei Hitzeereignissen. www.bafu.admin.ch > *Pilotprogramm Anpassung an den Klimawandel > F.13* (Stand 2023).
- 99 Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA). Vektorenübertragene Krankheiten. www.efsa.europa.eu/de/topics/topic/vector-borne-diseases (Stand 21.12.2023).
- 100 BAFU. Gebietsfremde Arten in der Schweiz. Übersicht über die gebietsfremden Arten und ihre Auswirkungen. www.bafu.admin.ch/uw-2220-d (2022).
- 101 NCCS. Tiergesundheit und Lebensmittelsicherheit. www.nccs.admin.ch/nccs > *Tiergesundheit und Lebensmittelsicherheit* (Stand 2020).
- 102 BAG. Zeckenübertragene Krankheiten – Lagebericht Schweiz. www.bag.admin.ch > *Zeckenübertragene Krankheiten – Lagebericht Schweiz* (Stand 2023).

-
- 103 SCNAT. Pollenallergie – Auswirkungen eines sich wandelnden Klimas. DOI: 10.5281/zenodo.11124573 (2024).
- 104 NCCS. Invasive Schadinsekten im Klimawandel: Zunehmende klimatische Eignung und Wirtspflanzenverfügbarkeit. www.nccs.admin.ch/nccs > *Invasive Schadinsekten im Klimawandel* (Stand 2020).
- 105 WSL. WSL News. Waldschutz aktuell: Schäden durch Borkenkäfer nahmen 2023 weiter zu. www.wsl.ch > *Waldschutz aktuell: Schäden durch Borkenkäfer nahmen 2023 weiter zu* (Stand 17.4.2024).
- 106 Swiss TPH. Asiatische Tigermücke. www.swisstph.ch/de/topics/tigermuecke (Stand 2023).
- 107 BAFU. Forum «Landschaft bewegt die Schweiz». www.bafu.admin.ch > *Forum Landschaft bewegt die Schweiz* (Stand 2021).
- 108 Tobias et al. +4 °C und mehr: Schweizer Landschaften im Klimawandel. DOI: 10.55419/wsl:35308 (2023).
- 109 Huss et al. Kann künstliche Beschneidung die Gletscher-Schmelze bremsen? DOI: 10.5167/uzh-258263 (2023).
- 110 SCNAT. Medienmitteilung. Zwei Extremjahre vernichten 10 Prozent des Schweizer Gletschervolumens. <https://scnat.ch/de> > *Zwei Extremjahre vernichten 10 Prozent des Schweizer Gletschervolumens* (Stand 28.9.2023).
- 111 SRF. Klimaerwärmung geht ans Eis. Diskussion um Gletscher-Abdeckungen. www.srf.ch > *Diskussion um Gletscher-Abdeckungen* (Stand 17.7.2023).
- 112 WSL. WSL News. Abdecken von Gletscher-Eis wirksam, aber teuer. www.wsl.ch > *Abdecken von Gletscher-Eis wirksam, aber teuer* (Stand 31.3.2021).
- 113 HM Government. UK Climate Change Risk Assessment 2022. ISBN 978-1-5286-3136-5 (2022).
- 114 Umweltbundesamt. Wie der Klimawandel den deutschen Außenhandel trifft. ISSN 2363-8311 (2019).
- 115 INFRAS. Auswirkungen des Klimawandels im Ausland – Risiken und Chancen für die Schweiz. Im Auftrag des BAFU (2018).
- 116 NCCS. Programm NCCS-Impacts. Projekt Auswirkungen des globalen Klimawandels auf die Schweiz. www.nccs.admin.ch > *Programm NCCS-Impacts > Projekt «Globale Auswirkungen»* (Stand 2023).
- 117 Task Force on Climate-related Financial Disclosures (TCFD). Recommendations of the Task Force on Climate-related Financial Disclosures (2017).
- 118 Der Bundesrat. Weltweit führend, verankert in der Schweiz: Politik für einen zukunftsfähigen Finanzplatz Schweiz (2020).
- 119 Swiss Re Institute. World insurance market developments in 5 charts. www.swissre.com/institute/research/sigma-research/sigma-2023-03/5-charts-world-insurance-2023.html (Stand 2023).
- 120 IPCC. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Summary for Policymakers. DOI: 10.1017/9781009325844.001 (2022).
- 121 Seneviratne et al. Climate Change 2021: The Physical Science Basis: Chapter 11: Weather and climate extreme events in a changing climate. DOI: 10.1017/9781009157896.013 (2021).
- 122 Grüter et al. Expected global suitability of coffee, cashew and avocado due to climate change. DOI: 10.1371/journal.pone.0261976 (2022).

-
- 123 Kaufmann D. Climate change could cut off the Panama Canal. www.dw.com/en/will-climate-change-cut-off-the-panama-canal-and-global-supply-chains/a-65761965 (Stand 29.5.2023).
- 124 BLW. Agrarbericht 2023. <https://2023.agrarbericht.ch/de> (2023).
- 125 Ritzel et al. Vulnerability assessment of food imports – Conceptual framework and empirical application to the case of Switzerland. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e27058 (2024).
- 126 Agristat. Statistische Erhebungen und Schätzungen über Landwirtschaft und Ernährung. Kapitel 7 Nahrungsmittelbilanz 2022 (2023).
- 127 Bundesamt für Zoll und Grenzsicherheit. Swiss-Impex. www.gate.ezv.admin.ch/swissimpex/index.xhtml (Stand 2023).
- 128 Schweizer Plattform für Nachhaltigen Kakao. Kakao-Statistik. www.kakaoplattform.ch/de/ueber-kakao/kakao-statistik (Stand 2024).
- 129 Bundesamt für wirtschaftliche Landesversorgung (BWL). Pflichtlagersortiment. [www.bwl.admin.ch/de > Pflichtlagersortiment](http://www.bwl.admin.ch/de/Pflichtlagersortiment) (Stand 2024).
- 130 Miller E. The Big Brazil Frost. www.gcrmag.com/brazil-frost (Stand 3.11.2021).
- 131 International Coffee Organization. Coffee Market Report November 2021. www.ico.org/documents/cy2021-22/cmr-1121-e.pdf (2021).
- 132 BFE. Stromversorgungssicherheit. [www.bfe.admin.ch > Stromversorgungssicherheit](http://www.bfe.admin.ch/Stromversorgungssicherheit) (Stand 2023).
- 133 NCCS. Programm NCCS-Impacts. Projekt Auswirkungen des Klimawandels auf kritische Infrastrukturen. [www.nccs.admin.ch > Programm NCCS-Impacts > Projekt «Kritische Infrastrukturen»](http://www.nccs.admin.ch/Programm-NCCS-Impacts/Projekt-Kritische-Infrastrukturen) (Stand 2023).
- 134 BFS. Energie. [www.bfs.admin.ch > Energie](http://www.bfs.admin.ch/Energie) (Stand 2024).
- 135 BFE. Stromabkommen Schweiz – EU. [www.bfe.admin.ch > Stromabkommen Schweiz – EU](http://www.bfe.admin.ch/Stromabkommen-Schweiz-EU) (Stand 2024).
- 136 Fischer et al. Storylines for unprecedented heatwaves based on ensemble boosting. DOI: 10.1038/s41467-023-40112-4 (2023).
- 137 Zscheischler et al. A typology of compound weather and climate events. DOI: 10.5194/egusphere-egu2020-8572 (2020).
- 138 IPCC. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Full Report. DOI: 10.1017/9781009325844 (2022).
- 139 Universität de Fribourg und Universität Zürich. Kombinierte Klimarisiken in der Schweiz. www.aramis.admin.ch/Texte/?ProjectID=43129 (2021).
- 140 Schutz vor Naturgefahren. Einfluss von Hagel auf den Oberflächenabfluss. www.schutz-vor-naturgefahren.ch/bauherr/service/videoportal/47-einfluss-von-hagel-auf-den-oberflaechenabfluss.html (Stand 2024).
- 141 Zscheischler et al. Future climate risk from compound events. DOI: 10.1038/s41558-018-0156-3 (2018).
- 142 Brasseur et al. Klimawandel in Deutschland: Entwicklung, Folgen, Risiken und Perspektiven. DOI: 10.1007/978-3-662-66696-8 (2024).
- 143 Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung. Infothek. Kippelemente – Großrisiken im Erdsystem. www.pik-potsdam.de/de/produkte/infothek/kippelemente/kippelemente (Stand 2024).
- 144 INFRAS. Klima-Risikoanalyse für die Schweiz. Methodik. Im Auftrag des BAFU (2025).